



Projet d'exploitation de sable du fleuve Ogooué

10 avril 2022

**Etudes
complémentaires sur la
faune et la flore
aquatiques : la Raie
pastenague et les
Podostémacées**



Citation recommandée	Biotope Afrique Centrale, 2022. Projet d'exploitation de sable du fleuve Ogooué. Etudes complémentaires sur la faune et la flore : la Raie pastenague et les Podostémacées, SETRAG, 2022.	
Version/Indice	V1	
Date	10 avril 2022	
Nom du fichier	BIOTOPE_SETRAG_Raie_Podostemaceae_VF_20220410	
Maître d'ouvrage	SETRAG	
Interlocutrice pour Biotope Afrique Centrale	Isabelle TEBOUL Directrice Développement Durable	Contact : Isabelle.teboul@setrag.com Téléphone : +241 11 70 86 09
Biotope Afrique Centrale, Responsable du projet	David ZIPPER Chef de projets écologie	Contact : dzipper@biotope.fr Téléphone : +241 (0) 6 98 19 04
Biotope, Contrôle qualité	Rénald BOULNOIS Directeur d'études	Contact : rboulnois@biotope.fr Téléphone : +33 6 77 34 72 36

Table des matières

1	Résumé	8
2	Contexte et objectif des études complémentaires	9
3	Présentation du projet d'extraction de sable	10
3.1	Présentation du projet et échanges avec le responsable du chantier d'extraction	10
3.2	Description du milieu physique	15
3.3	L'évaluation de la biodiversité au regard de la NP6 de la SFI	17
3.4	Définition de la zone d'étude	20
3.5	Mission de reconnaissance	20
4	Etudes complémentaires sur la flore aquatique	21
4.1	Présentation des Podostémacées et de leur importance sur la zone d'étude	21
4.2	Objectifs principaux des inventaires de terrain de 2021	22
4.3	Méthodologie détaillée 2021	23
4.4	Organisation de la mission de terrain	25
4.5	Mise à jour de la taxonomie des espèces	29
4.6	Mise à jour des statuts de menace des espèces	32
4.7	Distribution des espèces sur le site	34
4.8	Mise à jour des connaissances sur l'écologie des espèces	36
4.9	Analyse vis-à-vis de la NP6 de la SFI	38
4.10	Détermination des zones écologiquement pertinentes pour l'analyse des habitats critiques (ZEPA)	39
4.11	Résultats clefs et conclusion pour les Podostémacées	42
5	Etudes complémentaires sur la Raie pastenague	43
5.1	Présentation de l'espèce	43
5.2	Distribution mondiale de la Raie pastenague	44
5.3	Méthodologie mise en place	44
5.4	Résultats des études	48
5.5	Analyse vis-à-vis de la NP6 de la SFI	53
5.6	Résultats clefs et conclusions pour la raie <i>Fontitrygon ukpam</i>	55
6	Conclusion générale sur les études complémentaires	56
7	Evaluation des impacts potentiels sur les espèces ciblées et propositions de mesures d'atténuation	57
7.1	Principaux impacts potentiels de l'extraction de sable sur les espèces ciblées	57

7.2	Dégradation ou destruction des stations de Podostemaceae par les engins de chantier et mesures permettant d'atténuer cet impact	57
7.3	Dégradation de la qualité physico-chimique du milieu aquatique et augmentation de la turbidité pouvant impacter les Podostémacées et la Raie pastenague	61
7.4	Modification de la disponibilité locale en habitats	65
7.5	Accompagnement général et gouvernance environnementale du chantier	66
7.6	Conclusions sur les impacts potentiels et les mesures d'atténuation	67
8	Recommandations pour l'atteinte d'un Gain Net de biodiversité	69
8.2	Recommandations pour l'atteinte du Gain Net pour les Podostemaceae	69
8.3	Recommandations pour l'atteinte du Gain Net pour la raie Fontitrygon ukpam	70
9	Bibliographie	72
	Annexes : Statuts de conservation des espèces de <i>Podostemaceae</i> mis à jour	75

Table des figures

Figure 1 : Localisation des permis octroyés pour l'exploitation de sable en 2016.....	10
Figure 2 : Comparaison des périmètres des permis octroyés à la SETRAG en 2016 et en 2021	11
Figure 3 : Localisation des bancs de sable émergés en basses eaux par rapport aux permis de 2016 (aout 2019)	13
Figure 4 : Installation permettant le mélange du sable fin, sable gros grain et ciment permettant d'obtenir la consistance souhaitée de béton. Le processus est automatisé.	14
Figure 5 : Création des traverses en béton	14
Figure 6 : Stockage des traverses en béton pour être postérieurement transportées tout le long de la voie ferrée pour remplacer les traverses en bois	15
Figure 7 : Débits mensuels (Moyen, Minimum et Maximum) l'Ogooué à Lambaréné sur la période 1930-1984.....	15
Figure 8 : Sablière communautaire, entre les bancs 11 et 12 de la SETRAG, encore couverte partiellement par les eaux lors de la mission de reconnaissance	16
Figure 9 : Le banc de sable numéro 3, contenant majoritairement du sable fin, ne sera peut être pas exploité dans le futur. Il s'agit du banc de sable le plus proche des rapides de Booué, en arrière plan sur cette image.	16
Figure 10 : Les rapides de Booué représentent une barrière naturelle pour plusieurs espèces. La raie Pastenague était supposée ne pas pouvoir les remonter avant les découvertes génétiques de 2021.	17
Figure 11 : Zone d'étude pour le projet d'extraction de sable	20
Figure 12 : Observation des données écologiques et annotations.....	23
Figure 13 : Exemple de bordereau d'inventaire de <i>Podostemaceae</i> pour la capture des données écologiques et physiologiques (extrait)	24
Figure 14 : Identification des <i>Podostemaceae</i> à la loupe binoculaire	25
Figure 15 : <i>Podostemaceae</i> sèches en amont des rapides de Booué Ouest	25
Figure 16 : Premiers spécimens en fleurs rencontrés au niveau des chutes Ribrouchou en amont de Booué	26

Figure 17 : Carte de distribution des 73 récoltes de <i>Podostemaceae</i> effectuées lors de la mission d'août-septembre 2021.....	28
Figure 18 : <i>Inversodicraea</i> sp. 1 collectée à Booué, récolte Boupoya et al. 2445.	30
Figure 19 : Carte de distribution des <i>Podostemaceae</i> sur le site de Booué Ouest. Cette carte se base sur les collectes réalisées entre 1966 et 2021. Les <i>Podostemaceae</i> sont en réalité probablement distribuées sur l'ensemble du site	35
Figure 20 : Carte de distribution des <i>Podostemaceae</i> sur le site de Booué-Est. L'échantillonnage reste très parcellaire sur ce site, et la distribution des <i>Podostemaceae</i> est donc mal connue.	36
Figure 21 : Zone écologiquement pertinente pour l'analyse de l'habitat critique dans le cadre des <i>Podostemaceae</i>	40
Figure 22 : Distribution de <i>Fontitrygon ukpam</i> (Source : IUCN Red List 2021-3)	44
Figure 23 : Prélèvement d'échantillons d'eau pour les analyses ADNe à l'aide d'une pompe dédiée et des capsules de filtration	45
Figure 24 : Entretiens avec les pêcheurs au village Tsombial à Boué	47
Figure 25 : <i>Fontitrygon ukpam</i> capturé le 5 septembre 2021 en aval des rapides de Booué-Ouest	52
Figure 26 : Zone écologiquement pertinente d'analyse d'habitats critiques (ZEPA) pour la raie <i>Fontitrygon ukpam</i>	54
Figure 27 : Séquençage génétique de <i>Fontitrygon</i> sp. (ou <i>Dasyatis</i> sp.)	55
Figure 28 : Zones tampon autour des stations à <i>Podostemaceae</i> à ne pas exploiter	60
Figure 29 : Distribution des 26 occurrences de <i>Inversodicraea annithomae</i> . Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.....	76
Figure 30 : Distribution des 2 occurrences de <i>Inversodicraea</i> sp. 1. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN.	77
Figure 31 : Distribution des 31 occurrences de <i>Inversodicraea thollonii</i> . Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représente l'EEO.	78
Figure 32 : Localisation des 40 occurrences de <i>Ledermanniella aloides</i> utilisées pour l'évaluation. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.	80

Figure 33 : Localisation des 3 occurrences de <i>Ledermanniella nicolasii</i> utilisées pour l'évaluation. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.	81
Figure 34 : Localisation des 101 occurrences de <i>Ledermanniella pusilla</i> . Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.	82
Figure 35 : Localisation des 20 occurrences de <i>Macropodiella hallaei</i> . Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.	84
Figure 36 : Localisation des 11 occurrences de <i>Macropodiella heteromorpha</i> . Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.	86
Figure 37 : Localisation des 10 occurrences de <i>Saxicolella nana</i> . Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.	88
Figure 38 : Distribution de <i>Tristicha trifaria</i> au Gabon.	89
Figure 39 : Distribution de <i>Inversodicraea annithomae</i> à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée.	90
Figure 40 : Distribution de <i>Inversodicraea sp. 1</i> à Booué-Ouest. Les récoltes de 2019 ont été faites aux chutes Touné.	91
Figure 41 : Distribution de <i>Inversodicraea thollonii</i> à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée.	92
Figure 42 : Distribution de <i>Inversodicraea thollonii</i> à Booué-Est.	92
Figure 43 : Distribution de <i>Ledermanniella pusilla</i> à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée.	94
Figure 44 : Distribution de <i>Ledermanniella pusilla</i> à Booué-Est.	94
Figure 45 : Distribution de <i>Macropodiella hallaei</i> à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée.	95
Figure 46 : Distribution de <i>Saxicolella nana</i> à Booué-Ouest.	96
Figure 47 : Distribution de <i>Saxicolella nana</i> à Booué-Est.	97
Figure 48 : Distribution de <i>Tristicha trifaria</i> à Booué-Ouest.	98
Figure 49 : Distribution de <i>Tristicha trifaria</i> à Booué-Est.	98

1 Résumé

Suite à des expertises menées en 2020 par Biotope Afrique Centrale et le *Missouri Botanical Garden* (MBG) sur les *Podostemaceae* et la Raie pastenague (*Fontitrygon ukpam* ou *Dasyatis ukpam*), dans le fleuve Ogooué au niveau de Booué (Gabon) dans le cadre du projet d'extraction de sable de la SETRAG, des études complémentaires ont été commandées par le client en 2021. L'objectif principal de ces expertises était de compléter l'inventaire des *Podostemaceae*, déterminer si la raie était présente ou absente au niveau de la zone d'influence du projet, et évaluer les enjeux liés aux espèces concernées au regard de la Norme de Performance n°6 (NP6) de la Société Financière Internationale (SFI).

Des analyses d'ADN environnemental (ADNe) et la pêche à la ligne de fond ont permis de confirmer la présence de la raie dans la zone d'étude. En effet, une raie a été capturée en aval des rapides de Booué-Ouest, et les analyses ADNe réalisées dans le Laboratoire GeCoLAB (Laboratoire de Génétique de la Conservation rattaché à l'Université de Liège), ont permis de mettre en évidence la présence probable de l'espèce de raie recherchée en amont des rapides. Les quantités d'ADNe pour cette espèce apparaissent cependant très faibles au niveau de ce site. *Fontitrygon ukpam* est une espèce en Danger Critique d'Extinction (CR) selon la liste rouge de l'UICN.

La raie *Fontitrygon ukpam* déclenche donc l'habitat critique sur la zone d'influence du projet.

Concernant la flore, les missions de terrain ont permis de collecter 73 échantillons de *Podostemaceae* à Booué et dans la région. Ce sont finalement dix espèces de *Podostemaceae* qui sont présentes sur les sites de Booué (Est et Ouest), au lieu de huit comme cela avait précédemment été annoncé. Il s'agit ainsi du site connu le plus riche en *Podostemaceae* en Afrique, ex aequo avec un autre site au Cameroun avec également dix espèces. Parmi les dix espèces, neuf sont connues des rapides de Booué Ouest, et quatre sont connues des rapides de Booué Est. Les statuts de menace des espèces présentes sur les deux sites (Booué Ouest et Est) ont été mis à jour au regard des informations disponibles depuis 2020, et sont présentés en annexe de ce rapport.

A l'exception de *Tristicha trifaria*, dont le statut de conservation est Préoccupation Mineure (LC), toutes les espèces présentes à Booué sont menacées. Quatre sont En Danger (EN) (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea sp. 1*, *Ledermanniella nicolasii*, *Ledermanniella pusilla*), et cinq sont Vulnérables (VU) (*Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella aloides*, *Macropodiella hallaei*, *Macropodiella heteromorpha*, *Saxicolella nana*). Cinq espèces de *Podostemaceae* déclenchent l'habitat critique sur la zone d'influence du projet (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea sp. 1*, *Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella nicolasii*, et *Macropodiella hallaei*).

Au sens de la NP6, il y donc nécessité d'un Plan d'Action Biodiversité (PAB) avec un objectif de Gain Net pour les cinq espèces de *Podostemaceae* et pour la raie. Une évaluation des impacts potentiels est également présentée dans ce rapport. Elle concerne essentiellement les éventuels passages d'engins de chantier sur les berges du fleuve, le largage de sédiments dû à l'exploitation et les fuites d'hydrocarbures ou huiles.

Différentes mesures d'atténuation sont proposées pour limiter au maximum ces impacts potentiels. Sous réserve que ces mesures soient appliquées correctement, le projet ne devrait conduire à aucun impact résiduel significatif pour les *Podostemaceae* ou pour la raie.

Des principes d'action pour l'atteinte du Gain Net requis au titre de la NP6 sont proposés, sans recours toutefois à des offsets quantifiés (*sensu* NP6) en l'absence d'impact résiduel significatif.

2 Contexte et objectif des études complémentaires

La Société d'Exploitation du Transgabonais (SETRAG) est le concessionnaire de la voie ferrée reliant Owendo à Franceville, et assurant le transport du manganèse de la mine de COMILOG à Moanda ainsi que celui des passagers souhaitant rejoindre les 23 localités desservies par le train.

Suite à la détection de plusieurs dégradations structurelles sur le réseau, la SETRAG a décidé de remettre en état la voie de chemin de fer en remplaçant les anciennes traverses en bois, dont certaines étaient très endommagées, par des traverses en béton, beaucoup plus solides et pérennes sur le long terme. La fabrication de ces traverses en béton nécessite d'une importante quantité de sable, dont les besoins sont estimés à 10 000 m³ pour l'année 2021. Le gouvernement Gabonais a donc octroyé en 2016 à la SETRAG des concessions pour extraire du sable au niveau de certains bancs situés sur le fleuve Ogooué à proximité de la ville de Booué, pour que la société puisse subvenir à ses besoins en sable (voir figure 1).

Entre 2017 et 2019, une Etude d'Impact Environnemental et Social (Géo-Guide, 2019) a été réalisée pour le projet d'extraction de sable, basée sur les lois gabonaises et les standards internationaux de la Société Financière Internationale (SFI). Les financeurs ont ensuite demandé d'approfondir plusieurs aspects de cette étude.

Parmi les approfondissements requis, la SFI a demandé que des investigations complémentaires soient effectuées dans la zone d'influence du projet afin de déterminer la présence ou non d'une espèce de raie, *Fontitrygon ukpam*, ainsi que d'une famille de plantes aquatiques, les Podostémacées. En effet, ces espèces végétales étant généralement menacées et/ou endémiques, elles pourraient déclencher l'habitat critique selon la Norme de Performance 6 (NP6) de la SFI.

En 2020 Biotope Afrique Centrale (BAC) a réalisé de premières études sur la raie et les Podostémacées ; les bailleurs ont demandé d'approfondir davantage les méthodologies mises en œuvre pour améliorer les résultats. La SETRAG a donc demandé à BAC de réaliser une nouvelle série d'inventaires pour confirmer la présence de la raie et améliorer les connaissances sur les Podostémacées aux environs des sites d'extraction de sable, et déterminer si le projet aura un impact significatif ou non sur les populations de ces espèces.

Une mission de reconnaissance sur le terrain a été réalisée par BAC du 25 au 28 juillet 2021, puis des inventaires botaniques et ichtyologiques ont eu lieu du 29/08/2021 au 07/09/2021.

Ce rapport présente les résultats des inventaires de terrain, les analyses vis-à-vis de la NP6 de la SFI, et également les mesures visant à éviter ou réduire les impacts potentiels qu'auront les activités d'extraction de sable sur les populations de Podostémacées et sur la Raie pastenague.

3 Présentation du projet d'extraction de sable

3.1 Présentation du projet et échanges avec le responsable du chantier d'extraction

Les permis d'exploitation de la SETRAG sont situés dans la province de l'Ogooué-Ivindo au Gabon, sur la Commune de Booué, en bordure de la ville de Booué. La SETRAG a obtenu en 2016 deux permis pour exploiter les carrières G6-128 (7,5 km²) et G6-129 (1 km²), séparées par une zone communautaire réservée à la population de la ville de Booué dénommée « Sablière de Tsombial ». Les ressources en sable dans la traversée de Booué ont été estimées à plus de trois millions de m³, principalement contenus dans les bancs immergés en permanence (Géo-Guide, 2019). Les bancs émergés en saison sèche représentaient en 2019 une ressource en sable de l'ordre de 80 000 m³.

Ces deux permis sont localisés sur la carte ci-dessous :

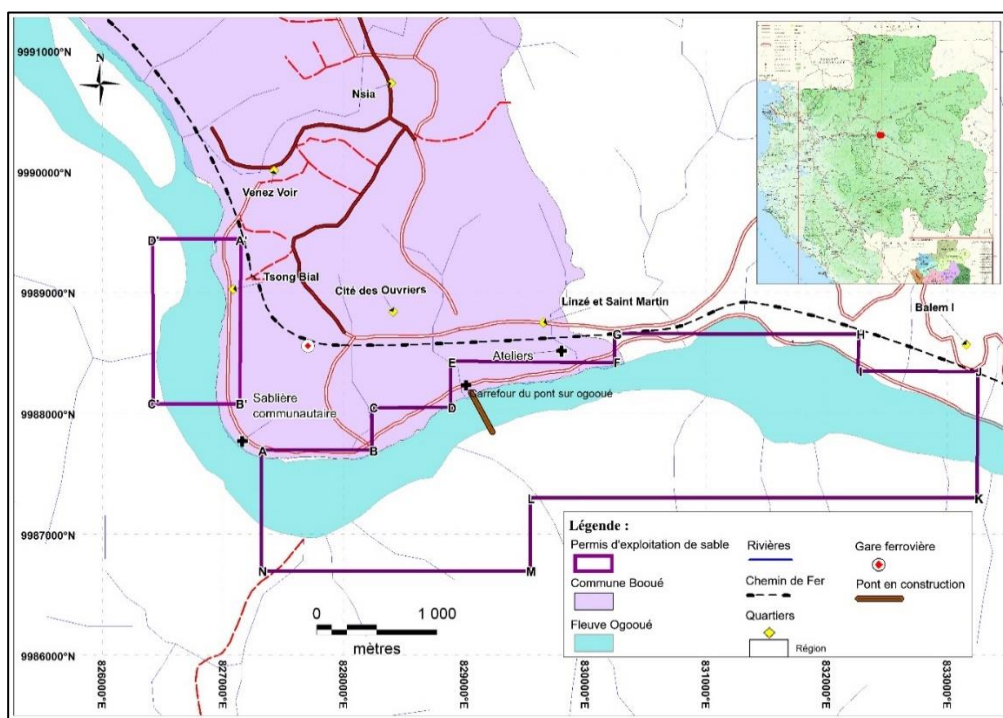


Figure 1 : Localisation des permis octroyés pour l'exploitation de sable en 2016

En septembre 2021, deux arrêtés ministériels portent renouvellement à la SETRAG de l'autorisation d'exploitation temporaire des carrières n°G6-128 (4,07 km²) et n°G6-129 (0,79 km²) pour une durée de 3 ans. Cependant, les périmètres couverts par ces carrières sont différents de ceux couverts en 2016. La surface totale des deux nouveaux permis est de 4,86 km², contre une surface de 8,5 km² antérieurement. La figure ci-après montre les deux permis de 2016 et de 2021 superposés.

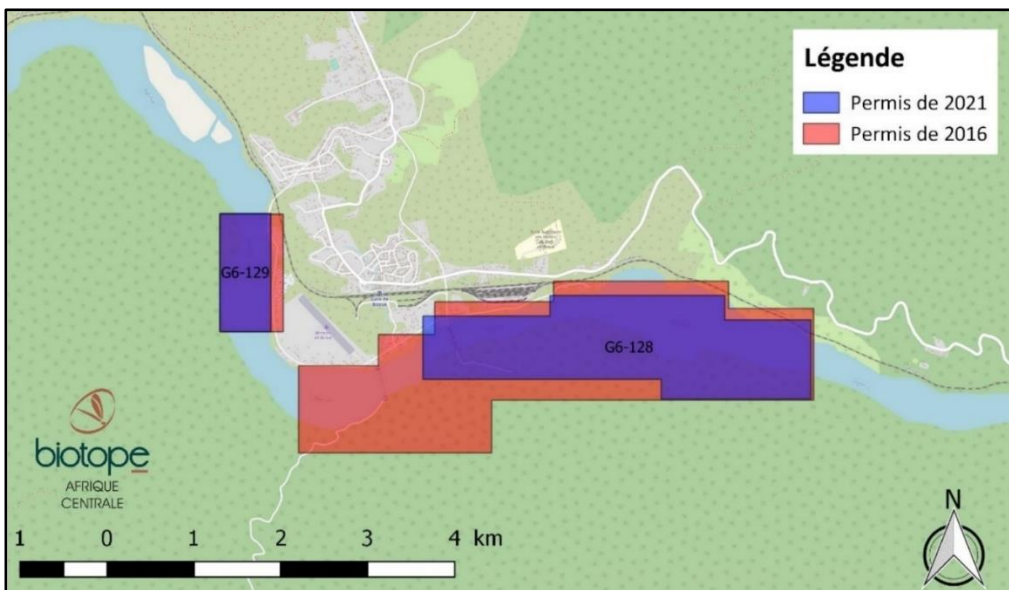


Figure 2 : Comparaison des périmètres des permis octroyés à la SETRAG en 2016 et en 2021

Une campagne d'extraction de sable a eu lieu en 2020 au niveau du quartier Tsombial. Le site de stockage permanent de sable a été installé dans un domaine ferroviaire à proximité de l'unité de fabrication des traverses en béton de la SETRAG, dans le quartier Linzé, à l'Est de la ville de Bououé.

Les besoins annuels de la SETRAG pour alimenter en sable l'usine de fabrication des traverses en béton sont d'environ 10 000 m³. L'extraction de sable est réalisée uniquement en fin de saison sèche (août-septembre), lorsque les bancs de sable sont émergés, parce que les machines ne peuvent pas travailler dans l'eau.

En 2021, les travaux d'extraction étaient prévus en septembre car le niveau d'eau du fleuve Ogooué a été particulièrement élevé à cause d'une prolongation anormale de la saison des pluies, mais finalement les autorisations d'exploitation n'ont pas été disponibles à temps et la campagne d'extraction a été annulée.

Un faible pourcentage du volume des bancs de sable est exploité. En effet seules les couches superficielles de sable sont exploitées et les excavations ne vont pas au-delà de 1 mètre de profondeur. Suite au retour d'expérience de l'année 2020, il subsiste après l'extraction une couche épaisse de sable dans le banc, de qualité similaire au sable extrait. En 2021, les bancs qui auraient dû être exploités étaient les bancs 11 et 12, les seuls accessibles depuis la route (voir figure 3).

Les activités d'exploitation de sable comportent :

- L'extraction du sable sur les bancs proches des berges à l'aide d'une pelle mécanique ;
- Le stockage temporaire du sable sur la berge du fleuve (rive droite) ;
- Le chargement du sable dans deux camions à l'aide d'un chargeur ;
- Le transport du sable par camions vers la zone de stockage proche de l'usine ;
- Le stockage du sable.

Le matériel de la SETRAG pour l'extraction du sable est donc composé de :

- 1 pelle mécanique ;
- 1 chargeur ;
- 2 camions ;

Chaque camion peut transporter jusqu'à 20 m³ de sable par trajet, et peut réaliser jusqu'à 10 aller-retours par jour. Ainsi, 400 m³ de sable peuvent être extraits et transportés sur les zones de stockage chaque jour.

En 2020, la quantité de sable extrait était supérieure au besoin annuel, du sable « 2020 » est donc encore disponible en 2022.

Dans l'étude d'impact initiale (Géo-Guide, 2019), une estimation du volume de sable a été réalisée. Le volume de sable reconnu par sondages sur l'ensemble des bancs de sable affleurant a été évalué à 84 495 m³. Ce volume est certainement sous-évalué, car sur plusieurs bancs, l'épaisseur de sable est largement supérieure aux 5 m sondés. Ce volume de sable disponible évalué sur l'ensemble des bancs de sable doit donc être considéré comme étant un minimum. Il serait important de réaliser des nouveaux sondages au niveau des zones précises qui seront exploitées dans le futur, pour avoir la certitude que la profondeur du sable est suffisante et qu'il n'y a pas un autre type de substrat sous la couche de sable qui sera exploitée. Le tableau ci-dessous présente les quantités de sable dans chaque banc, évaluées en juillet 2019 par la société Géoguide. Ce tableau ne comprend pas les bancs 11 et 12, qui sont ceux qui auraient dû être exploités en 2021. Ces deux bancs seraient normalement connectés et ne formeraient qu'un seul et unique banc de sable. Avant la campagne d'extraction de 2022, la SETRAG procédera aux sondages des bancs 11 et 12 avec l'aide d'un cabinet géotechnique local.

Tableau 1 Description des bancs de sable émergés. (Source : Rapport d'évaluation des ressources en sable sur les bancs affleurant le long du fleuve Ogooué à Bououé, GEO-GUIDE, juillet 2019).

Désignation	Banc 1	Banc 2	Banc 3	Banc 4	Banc 5	Banc 6	Banc 7	Banc 8	Banc 9	Banc 10 *	Total
Altitude moyenne (m)	161	163	158	161	164	167	164	161	163	159	
Superficie (m ²)	847	163	1 015	356	1 200	475	1 116	470	174	12 570	18 386
Profondeur moyenne des sondages (m)	4	1	5	4	3	2	5	3	5	5	
Volume de sable estimé (m ³)	3 050	160	5 075	1 566	3 408	784	1 728	1 344	870	62 850	84 495

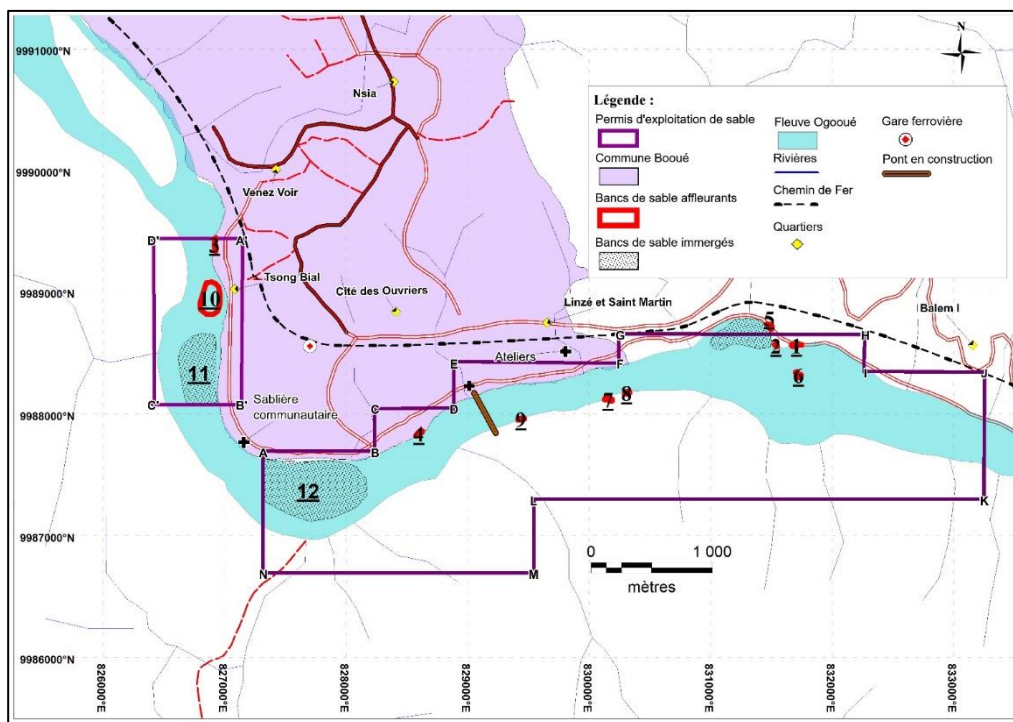


Figure 3 : Localisation des bancs de sable émergés en basses eaux par rapport aux permis de 2016 (août 2019)

Initialement, le banc numéro 10 (entouré en rouge à l'est de la carte ci-dessus) avait été retenu pour l'exploitation puisque son sable présentait les caractéristiques granulométriques recherchées, et qu'il disposait d'une quantité de sable très importante. Cependant, l'accès à ce banc s'est révélé très compliqué ; il a donc été abandonné en 2020 et 2022. Les changements morphologiques du fleuve pourraient cependant rendre ce banc plus accessible dans les années à venir.

Les traverses en béton nécessitent de deux types de sable : gros grain et sable fin. Des quantités importantes de sable fin n'ont pas été consommées en 2020 ni en 2021, donc l'exploitation des futures années visera surtout le sable gros grain. Le banc numéro 3, exploité en 2020, contient

surtout du sable fin, donc son exploitation ne serait pas nécessaire les années à venir. L'exploitation visera donc surtout les bancs 11 et 12, qui constituent en réalité un seul et unique banc allongé sur plusieurs centaines de mètres. Ces bancs sont plus éloignés des rapides de Booué Ouest que le banc 3, ils se trouvent en effet à 1,6 km des rapides. Le banc 12, qui était compris en 2016 dans le permis de la SETRAG, n'est pas compris au sein du nouveau permis de 2021. Les surfaces des permis de la SETRAG ont considérablement diminué entre 2016 et 2021, notamment pour le permis G6-128. Avant le démarrage de la campagne de 2022, la SETRAG va redemander une extension du permis au Ministère des Mines pour que la zone d'exploitation de sable soit complètement incluse dans les permis.

Une visite de l'usine avec l'équipe SETRAG a été organisée pour présenter la fabrication des traverses en béton. Les différents processus sont montrés à travers les photos ci-après :



Figure 4 : Installation permettant le mélange du sable fin, sable gros grain et ciment permettant d'obtenir la consistance souhaitée de béton. Le processus est automatisé.



Figure 5 : Création des traverses en béton



Figure 6 : Stockage des traverses en béton pour être postérieurement transportées tout le long de la voie ferrée pour remplacer les traverses en bois

3.2 Description du milieu physique

Au niveau de Booué, le fleuve Ogooué est assez accidenté. La pente moyenne sur le tronçon de Booué à Ivindo est de 0,8 m/km, mais au niveau des chutes de Booué la pente est de 2 m/km.

A la station de mesure de Lambaréné, en aval de Booué, la modulation mensuelle des débits présente deux crues et deux étiages. Le débit maximum est atteint en novembre et s'étend sur décembre. Le débit minimum est atteint en août et septembre.

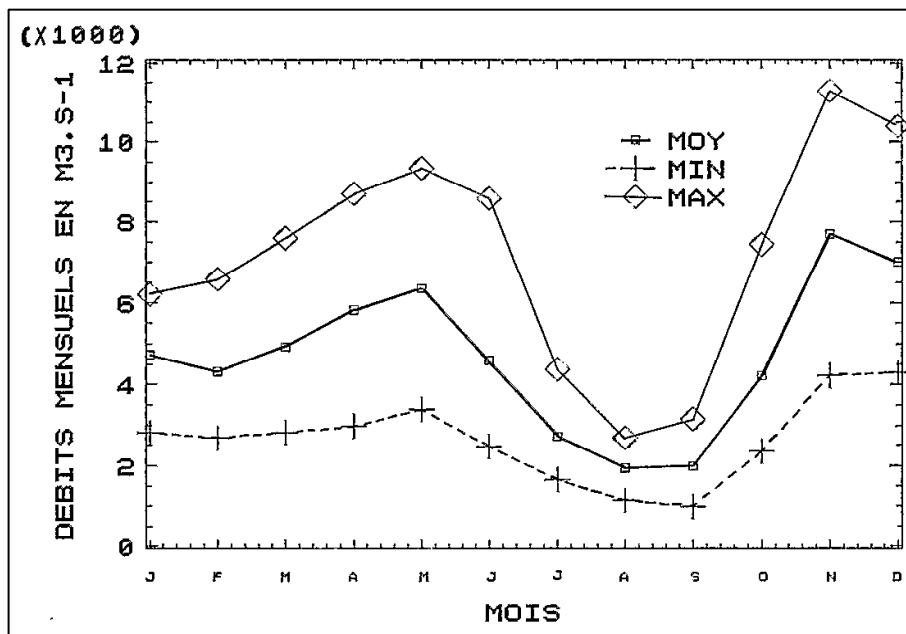


Figure 7 : Débits mensuels (Moyen, Minimum et Maximum) l'Ogooué à Lambaréné sur la période 1930-1984

Les débits au niveau de Booué et de Lambaréné sont considérés comme étant très proches et peuvent donc être comparés. Au niveau de Booué, le fleuve Ogooué est caractérisé par un écoulement de type laminaire qui est défini par une faible portance des grains de sable. Ces

grains sont par conséquent charriés et roulés par les courants du fond, permettant des dépôts massifs de sable. Ces bancs de sable se trouvent sur les portions les plus larges du fleuve. Ces zones correspondent à des secteurs où la vitesse moyenne du courant est plus faible, et donc le milieu est plus favorable à la sédimentation.

Les estimations de volume de sable qui ont été effectuées lors de la caractérisation des bancs de sable (émergés et immergés) font état d'une ressource totale (émergée et immergée) de 3,5 millions de m³ dans le périmètre de l'ancien permis de la SETRAG (Géo-guide, 2019).

En amont des cascades de Boué, sur la zone couverte par le permis de la SETRAG, la pente est plus faible et le lit mineur considérablement élargi. Il y a une zone favorable au dépôt de sable sur les bordures du lit mineur. Le sable s'accumule ainsi avant d'être repris lors d'épisodes de crues fortes.



Figure 8 : Sablière communautaire, entre les bancs 11 et 12 de la SETRAG, encore couverte partiellement par les eaux lors de la mission de reconnaissance



Figure 9 : Le banc de sable numéro 3, contenant majoritairement du sable fin, ne sera peut être pas exploité dans le futur. Il s'agit du banc de sable le plus proche des rapides de Boué, en arrière plan sur cette image.



Figure 10 : Les rapides de Booué représentent une barrière naturelle pour plusieurs espèces. La raie Pastenague était supposée ne pas pouvoir les remonter avant les découvertes génétiques de 2021.

3.3 L'évaluation de la biodiversité au regard de la NP6 de la SFI

Les normes de la Société Financière Internationale (SFI) ont été développées en 2006 puis révisées en 2012 pour pallier les carences législatives locales de certains pays hôtes de projets d'investissement. La SFI a également préparé un ensemble de recommandations (*Guidance Notes*) correspondant aux normes de performance. Ces recommandations proposent des directives utiles sur les dispositions des normes. Les Normes définissent le rôle et les responsabilités particulières des promoteurs privés pour conduire leurs projets. Pour les projets soumis au financement de la SFI, en l'absence de législation locale ayant le même niveau d'exigence que ce cadre normatif, ce dernier doit impérativement être appliqué. En l'absence de financement de la SFI, la prise en compte de ces normes permet un meilleur encadrement juridique des projets dans le but de les transformer en opportunités de développement durable pour les populations locales, tout en préservant la biodiversité. Ces Normes de Performance (NP) sont au nombre de huit :

- NP 1 : Évaluation et gestion des risques et des impacts sociaux et environnementaux
- NP 2 : Main-d'œuvre et conditions de travail
- NP 3 : Utilisation rationnelle des ressources et prévention de la pollution
- NP 4 : Santé, sécurité et sûreté des communautés
- NP 5 : Acquisition de terres et réinstallation involontaire
- NP 6 : Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles vivantes
- NP 7 : Populations autochtones
- NP 8 : Patrimoine culturel

La Norme de Performance 6 de la Société Financière Internationale (NP6) traite notamment des problématiques liées à la biodiversité et aux milieux naturels. Elle est subordonnée à la NP1 qui

détermine les « objectifs d'évaluation et gestion des risques et des impacts environnementaux et sociaux », et prescrit notamment le respect de la hiérarchie d'atténuation des impacts (= séquence « éviter / réduire / restaurer / compenser »).

Dans ce cadre, la NP6 poursuit trois objectifs : (i) protéger et conserver la biodiversité, (ii) maintenir les bienfaits découlant des services écosystémiques et (iii) promouvoir la gestion durable des ressources naturelles vivantes par l'adoption de pratiques qui intègrent les besoins de conservation et les priorités en matière de développement.

Pour atteindre ces objectifs, la NP6 s'articule notamment autour des concepts de « Non-Perte Nette » (*No Net Loss*) et de « Gain Net » (*Net Gain*) de biodiversité. Les « pertes » attribuables aux impacts qui n'auraient pas pu être évités ou réduits doivent être quantifiées, et être égales ou inférieures aux « gains » attribuables à des mesures compensatoires. Ces principes sont précisés par un ensemble de notes d'orientation qui précisent les attentes de la SFI en matière de biodiversité.

Ainsi, la NP6 opère une première classification de la biodiversité en fonction des habitats affectés par le projet. Un habitat y est défini comme étant une unité géographique qui abrite une diversité d'organismes vivants et leurs interactions avec l'environnement non vivant. À partir de cette définition, la NP6 stipule que la compensation s'applique pour les habitats ayant une forte valeur de biodiversité, valeur qui est « déterminée par les espèces, les écosystèmes et les processus écologiques ». Les habitats peuvent être considérés comme « modifiés » ou « naturels », et certains sont « critiques » du point de vue de la biodiversité (qu'ils soient modifiés ou naturels). Ces différents types d'habitats critiques engendrent des niveaux d'exigence contrastés (cf. tableau ci-après).

La *Guidance Note 6* (GN6) a été mise à jour en 2019. Un habitat est défini comme étant critique suite à une expertise à la fois quantitative, via la détermination de seuils numériques pour les trois premiers critères, et qualitative, notamment pour les critères 4 et 5 (ainsi que les critères éventuellement ajoutés lors des concertations avec les parties-prenantes).

Une aire d'analyse écologique doit être calculée et fournie pour chacune des espèces concernées. L'évaluation des impacts du projet et la conception des mesures environnementales sont alors centrées sur l'objectif de conservation de ces espèces. La NP6 fait largement appel aux outils de connaissance diffusés par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (listes rouges de l'UICN) et aux concepts qui les sous-tendent : vulnérabilité, tendances, distinction entre aire de distribution et aire d'occurrence, etc.

Un projet situé et/ou impactant un habitat critique pourra néanmoins être financé s'il satisfait à un ensemble de conditions (cf. tableau ci-dessous). En particulier, dans le cas où un client peut satisfaire à ces exigences, le projet devra produire un Plan d'Action pour la Biodiversité (PAB) en vue d'aboutir à des « gains nets » pour les richesses en biodiversité qui justifient le classement en habitat critique. Cet objectif de « gain net » est justifié par la volonté de ne pas se contenter de maintenir un état dégradé de la biodiversité mais d'améliorer le statut de conservation des espèces ou des écosystèmes les plus menacés.

Tableau 2 : Nomenclature des habitats au sens de la NP6 et exigences associées aux projets

Type d'Habitat	Exigence de la NP6 et performance attendue	
<p>Habitats modifiés</p> <p>Espaces pouvant abriter une large proportion d'espèces animales et/ou végétales exotiques et/ou dont l'activité humaine a considérablement modifié les fonctions écologiques primaires et la composition des espèces.</p> <p>Exemples : les aires aménagées pour l'agriculture, les plantations forestières, les zones côtières récupérées à la mer et les aires récupérées aux marécages.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter les impacts sur la biodiversité ; • Mettre en œuvre des mesures d'atténuation appropriées. 	/
<p>Habitats naturels</p> <p>Espaces composés d'assemblages viables d'espèces végétales et/ou animales qui sont en grande partie indigènes et/ou dont les fonctions écologiques primaires et les compositions d'espèces n'ont pas fondamentalement été modifiées par l'activité humaine.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas convertir ; • Ne pas dégrader. <p>SAUF si :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'existe aucune autre alternative viable dans la région pour le développement du projet dans des zones d'habitats modifiés ; • La consultation avec les parties prenantes, notamment les communautés affectées, a tenu compte de leurs opinions en ce qui concerne l'étendue de la conversion et de la dégradation ; • Toute conversion ou dégradation est atténuée conformément à la hiérarchie des mesures d'atténuation (y compris les mesures compensatoires éventuellement nécessaires). <p>Le client doit être en mesure de démontrer qu'il répond à l'ensemble de ces exigences.</p>	Pas de Perte Nette
<p>Habitats critiques</p> <p>Habitats (modifiés ou naturels) ayant une valeur élevée en biodiversité, selon les cinq critères principaux suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les habitats d'une importance cruciale pour les espèces en danger critique d'extinction (CR) et/ou en danger d'extinction (EN) ; 2. Les aires d'une grande importance pour les espèces endémiques et/ou à distribution limitée ; 3. Les aires abritant des concentrations internationales importantes d'espèces migratoires et/ou d'espèces uniques ; 4. Les écosystèmes gravement menacés et/ou uniques ; 5. Les aires qui sont associées à des processus évolutifs clés. <p>Ces critères ne sont pas exhaustifs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas mettre en œuvre de projet ; <p>SAUF si :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'existe dans la région aucune autre option viable pour l'exécution du projet dans des habitats modifiés ou naturels qui ne sont pas critiques ; • Le projet n'entraînera aucun impact négatif mesurable sur la valeur de biodiversité pour laquelle l'habitat critique a été désigné ni sur les processus écologiques soutenant la valeur de cette biodiversité ; • Le projet n'entraînera pas de réduction nette de la population internationale et/ou nationale/régionale d'espèces en danger critique d'extinction et/ou en danger d'extinction, pendant une période raisonnable de temps ; • Un programme de suivi de la biodiversité à long terme solide et bien conçu est intégré dans le programme de gestion du client. <p>Le client doit être en mesure de démontrer qu'il répond à l'ensemble des quatre exigences</p>	Gain Net

3.4 Définition de la zone d'étude

La zone d'étude choisie pour ce projet, présentée sur la carte ci-dessous, comprend les permis de la SETRAG (2016 et 2021) ainsi que des portions de l'Ogooué allant jusqu'à 18 km à l'est de Booué et 9 km à l'Ouest de Booué. Cette zone d'étude comprend donc une portion du fleuve Ogooué, ainsi que des portions des rivières se déversant dans le fleuve. Les inventaires de faune et flore aquatiques ont été réalisés au sein de cette zone.

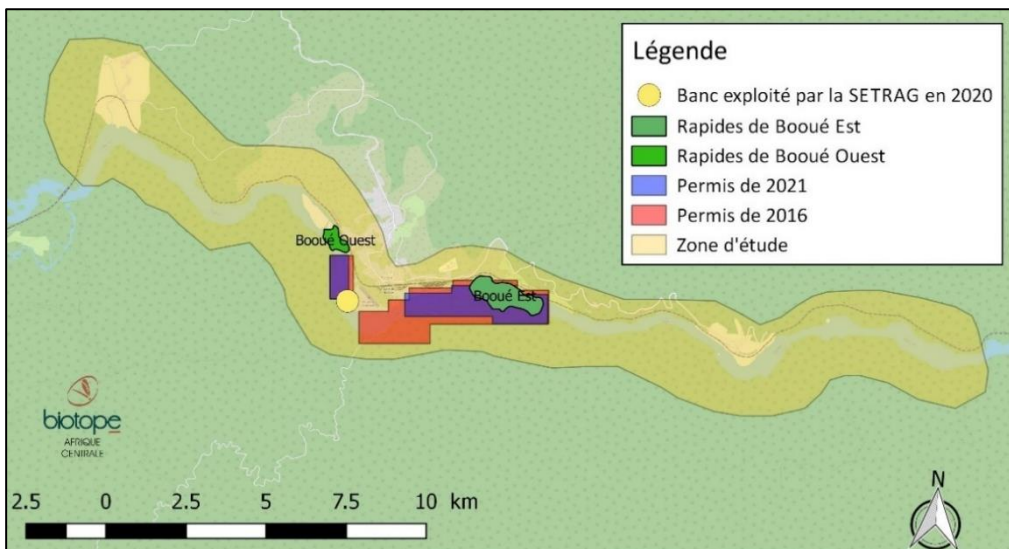


Figure 11 : Zone d'étude pour le projet d'extraction de sable

3.5 Mission de reconnaissance

Avant la réalisation des inventaires, une mission de reconnaissance de trois jours en juillet 2021 a été organisée pour préparer le terrain. Les objectifs de cette mission de reconnaissance étaient principalement de recueillir les différentes informations permettant d'ajuster les protocoles d'inventaires qui seraient déployés sur le terrain en septembre 2021, et de localiser les secteurs d'intervention et leurs accès afin d'anticiper les éventuelles difficultés et chercher des solutions avant l'arrivée sur le terrain des équipes en charge des expertises. Cette mission a permis également d'identifier les secteurs dans lesquels ont été réalisés les prélèvements d'ADNe, la pêche *no-kill*, et d'identifier aussi certaines zones de rochers émergents avec des podostémacées.

La mission de reconnaissance a permis également de rencontrer les équipes de la SETRAG sur place, et notamment le responsable du chantier d'extraction de sable, qui a permis d'éclaircir certains aspects du processus d'extraction de sable et les possibles risques pour l'environnement et les espèces décrites dans ce rapport. Le premier jour, les bancs de sable exploités par la SETRAG ont été visités par voie terrestre, et le deuxième jour de mission une pirogue à moteur, mise à disposition par la SETRAG, a permis de se rendre sur différents points du fleuve en amont des chutes de Booué.

Une pirogue à moteur a été réservée pour réaliser les inventaires du mois de septembre. Cette pirogue était à partager par les équipes botaniques et ichtyologiques.

4 Etudes complémentaires sur la flore aquatique

4.1 Présentation des Podostémacées et de leur importance sur la zone d'étude

Présentation générale

Les *Podostemaceae* sont une famille de plantes aquatiques fortement diversifiée en Afrique centrale. De nombreuses espèces sont considérées comme menacées, et beaucoup d'entre elles ne sont connues que d'un bassin versant, une rivière, voire même une seule localité (Cheek et al., 2017).

Cette famille reste toutefois largement méconnue au Gabon et sa taxonomie requiert d'importantes précisions. Le pays compte aujourd'hui une vingtaine d'espèces, mais on estime que beaucoup d'espèces sont encore à découvrir.

Les *Podostemaceae* vivent généralement sur des blocs rocheux au niveau de rapides et de chutes (Cusset, 1984). Le substrat d'installation des Podostémacées étant rocailleux, ces plantes ont adapté leurs racines en conséquence. En effet, certaines espèces font des tiges jusqu'à plusieurs mètres de longueur, alors que d'autres se présentent sous la forme de tiges incrustées sur la roche et ne portent pas d'axes dressés. Les feuilles sont aussi variables. Les fleurs sont souvent réduites à leur plus simple expression, ce qui limite le nombre de caractères disponibles pour les discriminer (Cheek, 2020).

Etant donné que leur écologie est fortement liée à des endroits difficiles d'accès (comme les cascades), ces plantes sont difficiles à étudier et ont en outre été largement sous-récoltées pendant de nombreuses décennies. Beaucoup d'entre elles ne sont connues que de quelques échantillons. Certains auteurs ont tendance à identifier des espèces différentes sur base de différences très fines, alors que d'autres considéreront des espèces à l'amplitude morphologique plus large (Rial, 2002).

Connaissances sur les Podostemaceae avant les investigations de 2021 sur l'aire d'étude

En août 2020, une équipe du Missouri Botanical Garden (MBG) s'est rendue sur deux zones à proximité de Booué pour collecter des *Podostemaceae* et réaliser des investigations préliminaires sur cette famille. Le site des rapides à l'Ouest de Booué était l'objectif prioritaire, afin de confirmer la présence de six espèces signalées en 1966 par N. Hallé et A. Le Thomas. Quelques sites des rapides à l'Est de Booué ont été également visités, mais la zone est très difficile d'accès.

Un total de 22 *Podostemaceae* a été collecté lors de la mission de 2020. En plus des six espèces déjà signalées en 1966, deux espèces additionnelles ont été signalées. Un total de huit espèces différentes de *Podostemaceae* étaient donc connues de la zone de rapides à l'Ouest, et quatre espèces des rapides à l'Est de Booué suite aux inventaires de 2020 (Bidault et al., 2020).

Sur les 8 espèces de *Podostemaceae* connues sur le site de Booué, trois ont été évaluées en 2020 par le MBG comme En Danger (*Inversodicraea annithomae*, *Ledermanniella nicolasii* et

Macropodiella hallaei) et quatre ont été évaluées comme Vulnérables (*Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella pusilla*, *Macropodiella heteromorpha* et *Saxicolella nana*).

Un relevé précis des niches écologiques de ces espèces a permis de distinguer deux types principaux, caractérisés principalement par le débit de l'eau et la force du courant. Quatre espèces se retrouvent à Booué uniquement sur les rochers balayés par de forts courants, situés plutôt en partie centrale du fleuve (*Inversodicraea annithomae*, *Macropodiella heteromorpha*, *M. hallaei*, et *Ledermanniella nicolasii*). Ces espèces sont souvent les plus grandes des *Podostemaceae*, avec des tiges jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres de long, portées par le courant. Deux espèces se trouvent uniquement sur des rochers balayés par de faibles courants (*Ledermanniella pusilla* et *Saxicolella nana*), et sont caractérisées par une taille plus petite, souvent sans tiges. Enfin, deux espèces se retrouvent dans les deux habitats, *Inversodicraea thollonii* et *Tristicha trifaria*. En fonction de l'endroit où elle pousse, *Inversodicraea thollonii* arbore des formes différentes, avec ou sans tiges.

Les inventaires menés par le MBG dans d'autres sites du Gabon avaient permis de confirmer que toutes les espèces de *Podostemaceae* à Booué étaient présentes également ailleurs dans le pays. Autrement dit, aucune espèce endémique de Booué n'avait été trouvée en 2020, contrairement à ce qui avait été suggéré par les données de N. Hallé et A. Le Thomas, reprises dans Cusset (1978, 1984) et Cheek et al. (2017). Malgré cela, les rapides à l'Ouest de Booué représentaient déjà en 2020 le site le plus riche en *Podostemaceae* du Gabon avec 8 espèces, et le deuxième plus riche en Afrique après les chutes de la Lobé au Cameroun où 10 espèces sont connues.

4.2 Objectifs principaux des inventaires de terrain de 2021

La mission de terrain de 2021 a été réalisée du 29/08/2021 au 07/09/2021, pour la collecte systématique des *Podostemaceae* rencontrées à l'état fertile afin de compléter l'inventaire préliminaire réalisé en 2020. Les objectifs de cette mission étaient :

- La collecte des données de base (telles que la position de l'espèce dans la rivière, l'exposition, la force du courant, la turbidité, la pente etc.) permettant de mieux définir les préférences écologiques de chaque espèce, et, *in fine*, d'assurer au mieux sa conservation ;
- La collecte des données populationnelles : estimation de la surface occupée, du nombre d'individus, partage de la niche écologique ou non etc. ;
- La cartographie des populations d'espèces présentes sur le site ;
- La collecte de matériel nécessaire à la création d'une collection de référence à l'Herbier National du Gabon à Libreville, qui pourra ensuite être utilisée pour les identifications par les agents SETRAG chargés du suivi des populations de *Podostemaceae* ;

Suite à cette mission de terrain, les résultats de l'étude sont présentés ci-après. L'expertise sur les *Podostemaceae* contient entre autres :

- La mise à jour de la liste des taxons présents sur le site ;
- La mise à jour des statuts de conservation des taxons et identification de ceux déclenchant l'habitat critique selon les normes NP6 de la SFI, au regard des nouvelles informations recueillies.
- La mise à jour des informations disponibles sur l'écologie des espèces, en fonction des données engrangées par le protocole de caractérisation des stations.

- Des recommandations, en fonction de chaque espèce et au regard des informations disponibles, sous forme de :
 - o Évaluation des impacts potentiels sur la population du site ;
 - o Propositions de mesures d'évitement, tant que possible ;
 - o Pistes pour l'atteinte d'un gain net de biodiversité pour ces espèces ;
 - o Propositions éventuelles de sites non visités à l'extérieur des zones des projets, incluant potentiellement des sous-populations additionnelles non encore connues d'espèces à enjeux ;
 - o Proposition d'un système de monitoring des populations et formation d'agents de la SETRAG durant la durée du projet d'extraction de sable.

4.3 Méthodologie détaillée 2021

Comme toutes plantes aquatiques, les *Podostemaceae* sont caractérisées par une morphologie adaptée à leur milieu contraignant. De ce fait, les structures habituellement trouvées chez les plantes à fleurs (tige, racine, feuille, fleur et fruit) sont souvent réduites, voire totalement absentes. Les inventaires se sont faits en saison sèche, période favorable à l'observation des spécimens en fleurs. Ces inventaires consistent à aller dans les rapides et prélever tous les échantillons rencontrés qui sont dans un premier temps pris en photo en mode macro. L'utilisation d'un appareil étanche avec un mode macro de qualité (Olympus TG6) a permis de photographier ces plantes in situ. Ces photographies générales de plantes dans leur habitat permettent de visualiser des caractères informatifs comme la position des fleurs, le port général de la plante, son micro-habitat (courant fort ou courant moyen, au milieu des chutes ou abrité) et les différences morphologiques en fonction de l'émergence ou non. Les photos permettent aussi, sur le terrain, de repérer la présence de fleurs, parfois difficile à observer sous l'eau et le courant, et d'identifier la présence d'espèces différentes.



Figure 12 : Observation des données écologiques et annotations

Par la suite, les échantillons sont mis en pot avec de l'alcool. Deux pots pour chaque récolte sont collectés, afin de constituer une collection de référence de *Podostemaceae* à Libreville. L'utilisation de l'alcool dilué permet de conserver la plante jusqu'à la phase de laboratoire où chaque espèce sera analysée et observée sous une loupe binoculaire afin de procéder à son identification exacte. Un microscope est également requis pour pouvoir observer des caractères morphologiques sur les grains de pollen, indispensables à leur identification précise.

Pour chaque échantillon, les informations habituelles sont prises lors des récoltes botaniques (la date de récolte, le nom du ou des récolteurs, la localité, l'habitat, le numéro de récolte, et le nom de la plante s'il est connu). Les *Podostemaceae* étant des plantes méconnues, vivant dans des habitats ou micro-habitats particuliers, les données écologiques de base sont également relevées. Il s'agit en particulier de noter, pour chaque station de chaque taxon rencontré sur le terrain (donc associée à un numéro de récolte), les caractéristiques géophysiques du milieu, comme par exemple la taille de la rivière, une estimation de son débit, de sa profondeur, de la turbidité de l'eau, de la nature des rochers, en suivant des grandes classes, et non en mesurant des valeurs précises de ces paramètres. L'utilisation de cette méthode semi-quantitative permet de gagner un temps précieux sur le terrain, ce qui permet de couvrir plus de distance et d'échantillons plus de stations. De plus, les paramètres écologiques sont renseignés, comme l'ensoleillement de la station, sa taille estimée (en surface et en nombre d'individus), sa situation au moment de la récolte (inondée ou exondée), et l'abondance des taxons collectés sur une même station. La fiche de relevé, utilisée sur le terrain, est présentée en exemple en annexe de ce rapport. Par ailleurs, trois types d'échantillons ont été récoltés : des échantillons conservés dans de l'alcool à 90% dilué avec de l'eau à 50 %, des spécimens d'herbier (lorsque la quantité du matériel biologique était insuffisante pour les réaliser), et des échantillons conservés dans le gel de silice pour des études génétiques. Les spécimens ont été collectés avec un sécateur ou étaient raclés avec une machette, pour les plus petites espèces collées à la roche.

CARACTERISATION DE LA STATION (PODOSTEMACEAE)

Morphologie de la station :

Largeur du cours d'eau : +/- m

Profondeur (m) : $P < 0,1$ $0,1 \leq P < 0,5$ $0,5 \leq P < 1$ $1 \leq P < 2$ $P \geq 2$

Vitesse du courant (m/s) : $V < 0,05$ $0,05 \leq V < 0,2$ $0,2 \leq V < 0,5$ $0,5 \leq V < 1$ $V \geq 1$

Ombrage : Pas d'ombage ($0 < 1\%$) Ombrage faible ($1\% < 0 < 25\%$) Ombrage moyen ($25\% < 0 < 50\%$)
 Ombrage important ($50\% < 0 < 75\%$) Ombrage très important ($0 > 75\%$)

Substrat :

Taille de la roche : $\emptyset < 30 \text{ cm}$ $30 \text{ cm} < \emptyset < 1 \text{ m}$ $\emptyset < 1 \text{ m}$ Dalle rocheuse

Etat hydrologique de la station (à la date du relevé) :

Totalement en eau
 Partiellement en eau (+/- 50% de l'aire de présence)
 En assec (+/- totalement)

Turbidité observée

Eau toujours turbide Eau toujours claire
 Eau alternant des phases turbides et des phases claires Ne sait pas

La station subit-elle régulièrement une exondation : OUI NON Ne sait pas

Figure 13 : Exemple de bordereau d'inventaire de *Podostemaceae* pour la capture des données écologiques et physiologiques (extrait)

L'ensemble de ces échantillons en pots à fait l'objet d'une pré-identification à la loupe binoculaire à l'Herbier National du Gabon à Libreville avant d'être envoyé à l'Institut de Systématique et d'Évolution Botanique (Zurich, Suisse) pour identification complète de chaque spécimen par les spécialistes Ehoarn Bidault, Rolf Rutishauser et Attila Mesterházy.



Figure 14 : Identification des *Podostemaceae* à la loupe binoculaire

4.4 Organisation de la mission de terrain

Chronogramme

Dimanche 29 août : Départ de Libreville, arrivée à Booué en début de soirée, rencontre avec le point focal de SETRAG.

Lundi 30 août : Induction sur les mesures de sécurité par le QHSE local, puis départ pour explorer les points en amont des chutes de Booué. La majorité des *Podostemaceae* sont quasiment sèches. Récolte de 3 échantillons stériles (AB2635-2637).

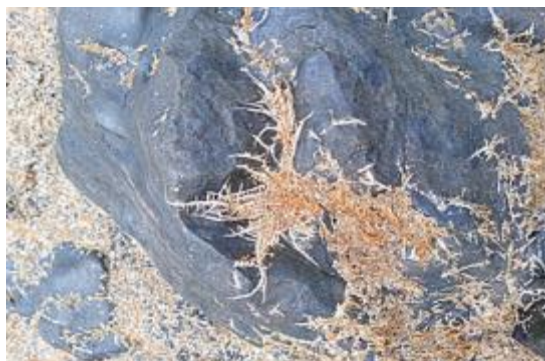


Figure 15 : *Podostemaceae* sèches en amont des rapides de Booué Ouest

Mardi 31 août : Exploration des rapides de Booué Ouest, récolte de 15 échantillons (AB2638-2652). La majorité des échantillons récoltés sont stériles ou secs. Seulement 3 échantillons sont fertiles.

Mercredi 1 septembre : Départ pour l'exploration des chutes en amont de Booué. Le moteur rencontre un problème en pleine remontée de l'Ogooué, et sans moyen de réparation, descente à la rame jusqu'à Booué. Aucun prélèvement n'a pu être réalisé cette journée.

Jeudi 2 septembre : Départ vers les rapides en amont de Booué, plus précisément au village Inzanza, en véhicule étant donné que le moteur de la pirogue n'a pas pu être réparé. Récolte de 18 échantillons (AB2653-2670) parmi lesquels des spécimens secs mais surtout les premiers spécimens en fleurs depuis le début des explorations.



Figure 16 : Premiers spécimens en fleurs rencontrés au niveau des chutes Ribrouchou en amont de Booué

Vendredi 3 septembre : Exploration en aval des rapides de Booué-Ouest, là où les rochers reçoivent encore de l'eau. Récolte de 17 échantillons presque tous fertiles.

Samedi 4 septembre : Poursuite de l'exploration du bas des grandes chutes de Booué-Ouest, récolte de 13 échantillons tous fertiles.

Dimanche 5 septembre : Exploration en aval de Booué dans les villages Abenelang et Akinguilam, dans la rivière Lenké et dans l'Ogooué. Pas de *Podostemaceae* collectées dans l'Ogooué car toutes étaient sèches, mais récolte de 6 échantillons dans la rivière Lenké.

Lundi 6 septembre : retour sur Libreville et fin de mission.

Principales observations et limites rencontrées lors de la mission de terrain

Au total, 73 échantillons de *Podostemaceae* ont été collectés à Booué et dans la région lors des 7 journées de terrain de 2021. Malheureusement, une journée de terrain complète a été perdue suite aux problèmes rencontrés avec la pirogue. L'absence de pirogue pour la continuation de la mission a limité les possibilités de conduire un inventaire poussé des rapides en amont de Booué (Booué Est), qui bien qu'étant considérés comme non impactés par le projet, sont mal connus, et pourraient contenir des sous-populations additionnelles des espèces à enjeux (un seul échantillon a pu y être collecté en 2021). De plus, beaucoup de *Podostemaceae* étaient déjà sèches.

Malgré ces difficultés, la mission a permis de collecter des données écologiques très importantes. Une bonne connaissance des taxons présents sur le site a été acquise, une part importante (environ les deux tiers) des échantillons, même desséchés et stériles, ont pu être identifiés à l'espèce. L'étude des sites annexes (en amont de Booué, et sur la rivière Lenké), a permis de retrouver certains des taxons menacés du site.

En outre, lors de cette mission, chaque récolte a été effectuée en double. Ainsi, au moins deux pots par récolte ont été collectés, avec du matériel préservé en alcool, permettant de contribuer à créer une collection de référence au Gabon. En effet, l'un des deux pots est conservé à l'Herbier National du Gabon, pour faire l'objet d'une première expertise par Archange Boupoya et Igor Nguimbit, les deux spécialistes gabonais des *Podostemaceae*, qui ont pu fournir une détermination préliminaire. L'autre double a été exporté en Europe, afin que les déterminations soient confirmées par des spécialistes internationaux, qui ont accès aux collections historiques à Paris et à Zurich.

La carte ci-dessous présente la localisation des échantillons récoltés dans l'aire d'étude, ainsi que les permis d'exploitation de la SETRAG (2016 et 2021).

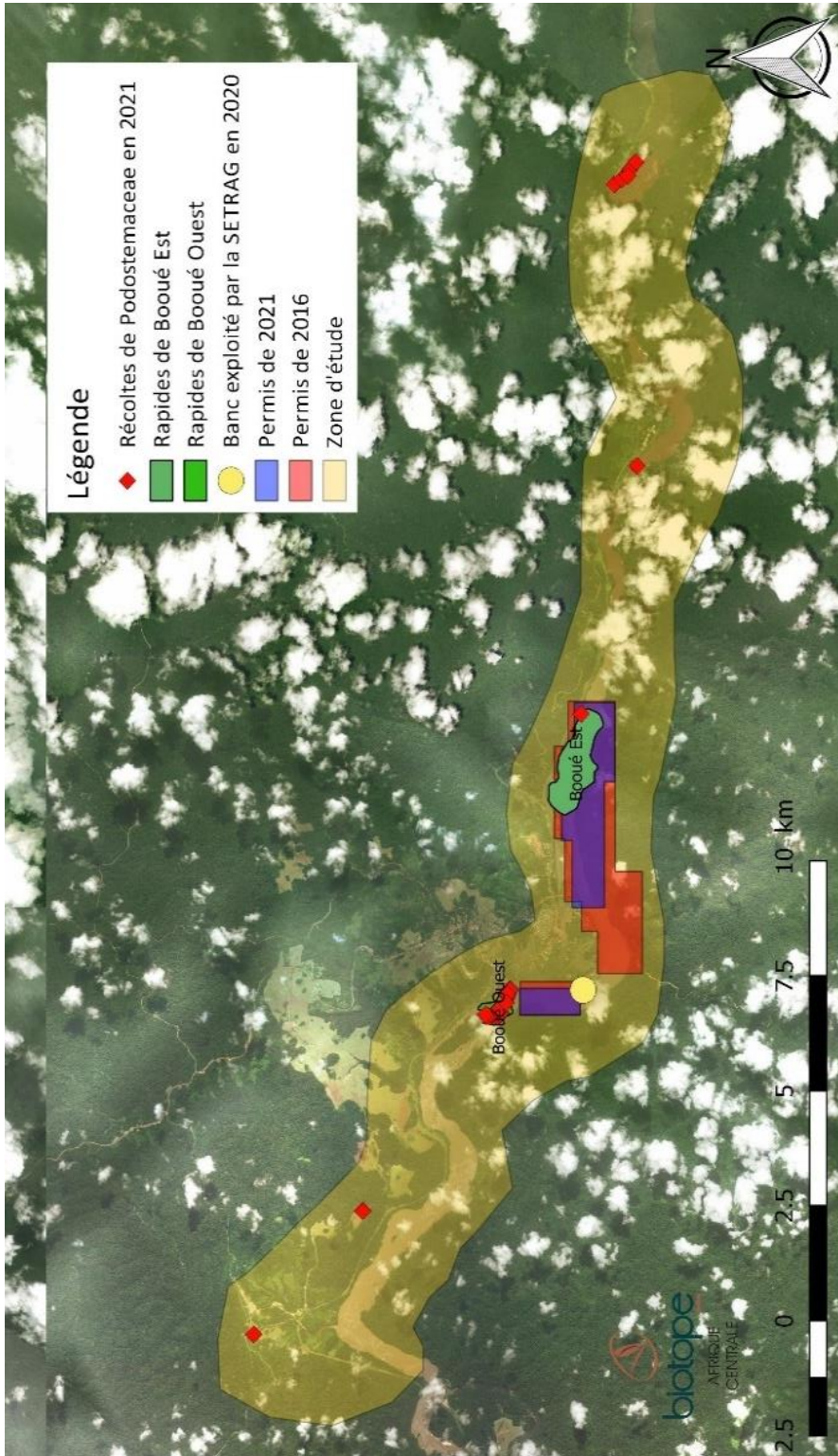


Figure 17 : Carte de distribution des 73 récoltes de *Podostemaceae* effectuées lors de la mission d'août-septembre 2021

4.5 Mise à jour de la taxonomie des espèces

Depuis 2017, l'équipe du MBG a collecté plus de 500 échantillons de *Podostemaceae* au Gabon. Ces récoltes, déterminées par Rolf Rutishauser, un spécialiste des *Podostemaceae* à Zurich en partenariat avec Ehoarn Bidault du MBG, ont largement permis de préciser la taxonomie des *Podostemaceae* du Gabon. Avant 2017, cette famille était très mal connue dans le pays, et les connaissances d'appuyaient sur un total de 46 échantillons, ce qui est extrêmement faible. La taxonomie des *Podostemaceae* s'est donc largement améliorée au fur et à mesure des récoltes et de la compréhension de cette famille largement méconnue en Afrique. Certaines déterminations ont donc changé, et des changements de paradigmes et de concepts taxonomiques ont dû être faits à l'échelle du pays, pour s'adapter aux nouvelles découvertes de terrain. L'une des découvertes les plus importantes depuis 2017 est la variabilité générale et insoupçonnée de certains taxons gabonais. Ceci étant, le site de Booué est l'un des mieux connus au Gabon, ayant été inventorié (rapidement) dès 1966. Peu de changements taxonomiques ont donc eu lieu pour les espèces de ce site depuis, les inventaires récents du MBG ayant largement confirmé, à quelques exceptions près, la taxonomie mise en place par la spécialiste C. Cusset dans les années 1980.

Les principaux changements taxonomiques concernent les espèces suivantes :

- *Inversodicraea* sp. 1

Ce taxon est connu de Booué uniquement par un spécimen collecté en 2020 (Boupoia et al. 2445). Ce spécimen, collecté à Booué Ouest, avait d'abord été identifié comme *Inversodicraea thollonii* en 2020, mais un examen approfondi des échantillons de cette dernière espèce, ainsi que du spécimen type, ont amené à remettre en doute cette identification. Dans l'état actuel des connaissances, le MBG n'est pas en mesure de donner un nom définitif à ce taxon. Deux hypothèses sont envisagées : 1) il pourrait s'agir d'une nouvelle espèce, à rattacher à deux échantillons collectés par I. Nguimbit aux chutes Touné sur l'Ivindo, proche de la confluence avec l'Ogooué, à environ 30 km à l'est de Booué. 2) il pourrait s'agir de *Ledermanniella nicolasii*. Néanmoins, l'observation d'écaillés (ou feuillettes) sur l'échantillon Boupoia et al. 2445 nécessite de placer ce taxon dans le genre *Inversodicraea*, malgré sa forte ressemblance avec la description faite par Cusset de *Ledermanniella nicolasii*. Les écaillés étant peu visibles et peu nombreuses, il est aussi possible que C. Cusset ne les ait pas remarquées sur le matériel original collecté par N. Hallé, et se soit trompée en décrivant *Ledermanniella nicolasii* dans le genre *Ledermanniella*. Cette hypothèse expliquerait pourquoi les inventaires récents n'avaient pas permis de « retrouver » *Ledermanniella nicolasii* à Booué : le MBG recherchait un *Ledermanniella*, pas un *Inversodicraea*. Néanmoins, cette hypothèse, si elle était confirmée, nécessiterait de réétudier les échantillons collectés dans l'Ivindo par Nicolas Texier et actuellement rattachés à *Ledermanniella nicolasii*. De plus, il sera nécessaire de questionner la différence entre *Ledermanniella nicolasii* et *Ledermanniella boloensis*, une espèce très proche, possiblement conspécifique. Tout ceci aura des conséquences sur le statut de menace de cette espèce, et donc sur les actions mises en œuvre à Booué pour assurer sa conservation.

Nous prenons la peine de fournir des détails précis de ce problème taxonomique pour illustrer la complexité et la difficulté du processus d'identification des *Podostemaceae* au Gabon (et ses conséquences).

Pour l'instant, et tant que l'une ou l'autre de ces hypothèses ne sera pas confirmée par de plus amples études taxonomiques (en cours), le MBG a choisi de travailler avec l'hypothèse la plus conservatrice. De fait, le MBG considère pour l'instant que *Inversodicraea* sp. 1 est une espèce

différente de *Ledermanniella nicolasii*, possiblement nouvelle, et connue uniquement de deux sites : les rapides à l'Ouest de Booué, et les chutes Touné, dans l'Ivindo.



Figure 18 : *Inversodicraea* sp. 1 collectée à Booué, récolte Boupoya et al. 2445.

- ***Inversodicraea annithomae***

Les échantillons gabonais précédemment appelés *Inversodicraea bosii* sont désormais considérés comme *I. annithomae*. En réalité, *I. bosii* est une espèce très proche, peut-être même conspécifique, mais connue uniquement du Cameroun. Les récoltes récentes au Gabon ont montré que *I. annithomae* pouvait être très variable dans sa stature, d'un port « nain » à un port à longues tiges flottantes. Ces deux espèces appartiennent au même groupe que *I. boumiensis*, *I. cristata*, et *I. gabonensis*, entre autres. Elles se distinguent par leur pollen (monades ou dyades), le nombre d'étamines (1 ou 2), et la forme des feuillettes (écailles sur la tige).

- ***Ledermanniella aloides***

Cette espèce fait partie d'un groupe du genre *Ledermanniella* caractérisé par sa petite stature, ses feuilles courtes à gaine plus ou moins développée, la présence de deux étamines, et du pollen en monades. Les récoltes récentes faites au Gabon montrent une variabilité morphologique importante, en particulier dans la présence de stipules, la longueur et la forme des feuilles. Actuellement, et grâce à la récolte de nombreuses formes intermédiaires depuis 2018, le MBG considère *L. aloides*, jusqu'ici considérée comme absente du Gabon, comme une espèce variable morphologiquement, et présente au Gabon. Le MBG distingue en outre trois formes dans *L. aloides* : la forme « *spathulata* », la forme « *stipulata* » et la forme « *aloides* », qui présentent des feuilles plus ou moins spatulées, plus ou moins stipulées. Ces formes sont non décrites, et constituent des hypothèses de travail. En outre, des intermédiaires ont été trouvés, ce qui argumente en faveur de considérer *Ledermanniella aloides* comme étant une espèce variable.

- *Ledermanniella pusilla*

Les récoltes nombreuses et récentes de ce taxon au Gabon ont permis de mettre à jour les connaissances sur cette espèce, et en particulier sa variabilité morphologique. Déjà supposée par C. Cusset en 1984, il a désormais été confirmé que cette espèce présente des formes « naine », sans tige développée, et des formes à tiges plus ou moins longues. Ces formes peuvent être présentes sur le même individu, et dépendent très probablement des conditions du milieu. Cette espèce est désormais considérée comme ayant une large répartition au Gabon (et en Afrique centrale), et de nombreux échantillons précédemment identifiés comme *Ledermanniella sanagaensis* au Gabon, *Ledermanniella bifurcata* et *Ledermanniella linearifolia* représentent en réalité *L. pusilla*. *Ledermanniella linearifolia* et *L. sanagaensis* sont des espèces considérées comme strictement camerounaises, mais la récolte d'une collection importante au Gabon amène à reconsidérer leur validité. Les analyses postérieures ont révélé que *Ledermanniella sanagaensis* et *Ledermanniella linearifolia* ne sont pas encore connues du Gabon. *Ledermanniella bifurcata* est bien présente au Gabon, mais est beaucoup plus rare qu'initialement supposé, et n'est pas présente à Booué.

Résultats clefs des inventaires complémentaires

Ce sont désormais 10 espèces qui sont présentes sur le site de Booué (Est et Ouest), au lieu de 8 précédemment. En effet, l'espèce *Ledermanniella aloides* n'avait, jusqu'à présent, pas été collectée à Booué, mais était connue comme présente sur d'autres sites dans l'Ogooué en amont, sa présence était donc attendue. Neuf espèces sont connues des rapides de Booué Ouest, et 4 de ces espèces sont également connues de Booué Est. Une seule espèce est connue de Booué Est mais non présente à Booué Ouest : *Ledermanniella aloides*, ce qui amène le total des espèces connues sur ce site à 5. Ces espèces sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Liste des 10 espèces présentes à Booué, mise à jour suite aux inventaires de 2021 et aux derniers changements dans la taxonomie des *Podostemaceae* au Gabon. X* : collectée dans la région de Booué, mais pas sur les sites de Booué Ouest et Booué Est. ? : la présence de *Ledermanniella nicolasii* dans les collectes de 2019-2020 reste incertaine.

#	Taxon	Collectes historiques	Collectes 2019-2020	Collectes 2021	Booué Ouest	Booué Est
1	<i>Inversodicraea annithomae</i>		X	X	X	
2	<i>Inversodicraea</i> sp. 1		X		X	
3	<i>Inversodicraea thollonii</i>	X	X	X	X	X
4	<i>Ledermanniella aloides</i>			X		X
5	<i>Ledermanniella nicolasii</i>	X	?		X	
6	<i>Ledermanniella pusilla</i>	X	X	X	X	X
7	<i>Macropodiella hallaei</i>	X	X	X	X	
8	<i>Macropodiella heteromorpha</i>	X	X*	X*	X	
9	<i>Saxicolella nana</i>		X		X	X
10	<i>Tristicha trifaria</i>		X	X	X	X

Tableau 4 : Liste des changements de noms pour les espèces présentes à Booué depuis le rapport Bidault et al. 2020 (rapport 2). Seuls deux changements notables sont à noter (en gras) : la présence de *Inversodicraea sp. 1*, et la présence de *Ledermanniella aloides*.

Taxon 2020	Taxon 2021	Booué	
		Ouest	Est
<i>Inversodicraea annithomae</i>	<i>Inversodicraea annithomae</i>	X	
<i>Inversodicraea thollonii</i>	<i>Inversodicraea sp. 1</i>	X	
<i>Inversodicraea thollonii</i>	<i>Inversodicraea thollonii</i>	X	X
Non collecté	<i>Ledermanniella aloides</i>		X
<i>Ledermanniella nicolasii</i>	<i>Ledermanniella nicolasii</i>	X	
<i>Ledermanniella pusilla</i>	<i>Ledermanniella pusilla</i>	X	X
<i>Macropodiella hallaei</i>	<i>Macropodiella hallaei</i>	X	
<i>Macropodiella heteromorpha</i>	<i>Macropodiella heteromorpha</i>	X	
<i>Saxicolella nana</i>	<i>Saxicolella nana</i>	X	X
<i>Tristicha trifaria</i>	<i>Tristicha trifaria</i>	X	X

4.6 Mise à jour des statuts de menace des espèces

Les récoltes récentes de *Podostemaceae* à travers le Gabon, réalisées depuis 2017 par le MBG, ont non seulement permis de mettre à jour la taxonomie de la famille dans le pays, mais également de découvrir de nouvelles sous-populations des espèces. En 2021, environ 200 échantillons de *Podostemaceae* ont été collectés au Gabon, plus qu'aucune autre année auparavant. Ces nombreux échantillons, parfois collectés dans des sites inédits pour les *Podostemaceae*, amènent des informations originales susceptibles de modifier les statuts de menace des espèces présentes à Booué, même si ceux-ci ont été faits récemment, en 2020. Une mise à jour du statut de menace de ces espèces est donc proposée, si nécessaire.

Les statuts de menace des espèces présentes sur les deux sites (Booué Ouest et Est) sont présentés dans le tableau ci-dessous, y compris leur comparaison avec le statut disponible en 2020, s'il existait à l'époque. Les statuts de menace présentés dans cette étude sont préliminaires, c'est à dire qu'ils ne sont pas publiés sur le site de la Liste Rouge de l'UICN. Les espèces n'ont pas fait l'objet d'une évaluation en bonne et due forme, car cela dépasserait le cadre de cette étude. De plus, les connaissances sur les *Podostemaceae* au Gabon évoluent rapidement, et ces statuts sont amenés à changer. Enfin, certaines espèces ne peuvent pas être évaluées « officiellement » sur le site de la Liste Rouge car elles ne sont pas encore décrites. Le statut publié sur la Liste Rouge est présenté à titre informatif, mais tous les statuts existants ont été publiés en 2017 ou avant, c'est à dire avant les inventaires du MBG au Gabon. Ces évaluations sont donc déjà dépassées. De plus, les évaluations du MBG, bien que préliminaires, ont été faites à partir d'une base de données vérifiée et complète (toutes les données disponibles et connues pour toutes ces espèces, au niveau mondial, ont été compilées, et géoréférencées),

ce qui n'est pas nécessairement le cas des évaluations publiées en 2017 ou avant. Ainsi, les évaluations produites dans le cadre de cette étude sont plus robustes que celles publiées sur le site de la Liste Rouge. Ceci étant dit, si un statut publié sur la Liste Rouge, même ancien, est d'une catégorie de menace plus forte que le statut mis à jour par le MBG (par exemple *Ledermanniella pusilla*, LC selon les analyses récentes du MBG, mais EN sur la Liste Rouge), c'est celui-ci qui doit être considéré pour identifier les espèces déclenchant l'habitat critique car il s'agit du statut publié.

Au final, à l'exception de *Tristicha trifaria* (LC selon la Liste Rouge et les analyses récentes), toutes les espèces présentes à Booué sont menacées, soit parce qu'elles sont évaluées comme tel sur la Liste Rouge, soit parce que les analyses récentes le suggèrent. Quatre espèces sont En Danger (EN) (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea* sp. 1, *Ledermanniella nicolasii*, *Ledermanniella pusilla*), et 5 espèces sont Vulnérables (VU) (*Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella aloides*, *Macropodiella hallaei*, *Macropodiella heteromorpha*, *Saxicolella nana*).

Néanmoins, les évaluations récentes suggèrent que seuls 7 des 10 taxons présents à Booué sont menacés. En effet, *Ledermanniella aloides* et *Ledermanniella pusilla*, évaluées respectivement comme VU D2 (en 2010) et EN B2 (en 2010 également) sur la Liste Rouge, ont été évaluées par le MBG comme Préoccupation Mineure (LC). Selon les statuts récents du MBG, 3 espèces devraient être considérées comme EN (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea* sp. 1, et *Ledermanniella nicolasii*) et 4 espèces devraient être considérées comme VU (*Inversodicraea thollonii*, *Macropodiella hallaei*, *Macropodiella heteromorpha*, *Saxicolella nana*).

Les statuts de menace détaillés produits lors de cette étude sont présentés en Annexe 1.

Tableau 5 : Récapitulatif des statuts de menace préliminaires des 10 espèces de *Podostemaceae* des sites de Booué et des alentours. B-O = Booué Ouest. B-E = Booué Est. Autres = autres sites proches de Booué. Les évaluations préliminaires de 2020 sont données pour comparaison si elles existent (NA* signifie que l'évaluation n'était pas disponible, car le nom n'était pas utilisé à l'époque, ou alors l'espèce n'était pas connue du site). Pour l'évaluation 2021, NA signifie que le taxon n'a pas été évalué (les formes de *Ledermanniella aloides* ne représentent pas des entités bien discriminées et ne peuvent donc pas être évaluées). Pour la colonne Red List, NA signifie qu'une évaluation publiée ne peut pas exister (car le taxon n'est pas publié), NE signifie que le taxon n'a pas été évalué. Pour cette colonne, l'année de publication de l'évaluation est donnée. EN = En Danger, VU = Vulnérable, LC = Préoccupation Mineure. R. = rivière

	Taxon	B-O	B-E	Autres sites	Statut 2020 (obsolète)	Statut 2021	Statut publié sur la Red List
1	<i>Inversodicraea annithomae</i>	X			EN B2ab(ii,iii,iv,v)	EN B2ab(ii,iii,iv,v)	EN B2ab(iii) - 2017
2	<i>Inversodicraea</i> sp. 1	X		R. Ivindo (Touné)	NA*	EN B2ab(iii)	NA
3	<i>Inversodicraea thollonii</i>	X	X	R. Langke / Lenké, R. Bissoubilam, Inzanza, Ribrouchou	VU B1ab(iii,v)+ 2ab(iii,v)	VU B1ab(iii,v)+ 2ab(ii,v)	NE

	Taxon	B- O	B- E	Autres sites	Statut 2020 (obsolète)	Statut 2021	Statut publié sur la Red List
4	<i>Ledermanniella aloides</i>		X	Inzanza	NA*	LC	VU D2 - 2010
5	<i>Ledermanniella nicolasii</i>	X			EN B2ab(iii,v)	EN B1ab(iii,v)+ 2ab(iii,v)	NE
6	<i>Ledermanniella pusilla</i>	X	X	Inzanza, Ribrouchou, R. Ivindo (Touné)	VU B2ab(i,ii,iii,iv,v)	LC	EN B2ab(iii) - 2010
7	<i>Macropodiella hallaei</i>	X		Ribrouchou, R. Ivindo (Touné)	EN B1ab(iii,v)+ 2ab(iii,v)	VU B1ab(iii,v)+ 2ab(iii,v)	VU D2 - 2010
8	<i>Macropodiella heteromorpha</i>	X		R. Langke / Lenké, R. Ivindo (Touné)	VU B2ab(iii,v)	VU B2ab(iii,v)	VU B2ab(ii,iii) - 2010
9	<i>Saxicolella nana</i>	X	X		VU B2ab(iii,v)	VU B2ab(iii,v)	VU D2 - 2010
10	<i>Tristicha trifaria</i>	X	X	Abenelang, Ribrouchou, R. Bissoubilam	LC	LC	LC - 2010

4.7 Distribution des espèces sur le site

Depuis 1966, 85 échantillons de *Podostemaceae* ont été collectés sur le site de Booué Ouest, dont environ 75 depuis 2019 par les équipes du MBG, et 11 récoltes ont été faites sur les rapides de Booué Est, toutes entre 2020 et 2021. La distribution de ces récoltes, qui donnent un bon aperçu de la distribution des populations de *Podostemaceae*, est présentée dans les cartes ci-dessous. Malgré les limites des inventaires, ces nouvelles études permettent d'avoir une vision assez robuste de la richesse en *Podostemaceae* et de leur distribution réelle et potentielle. Il est fort probable que les *Podostemaceae* occupent une grande partie des rochers des deux sites, et non pas uniquement là où des points d'échantillonnage ont été recueillis.

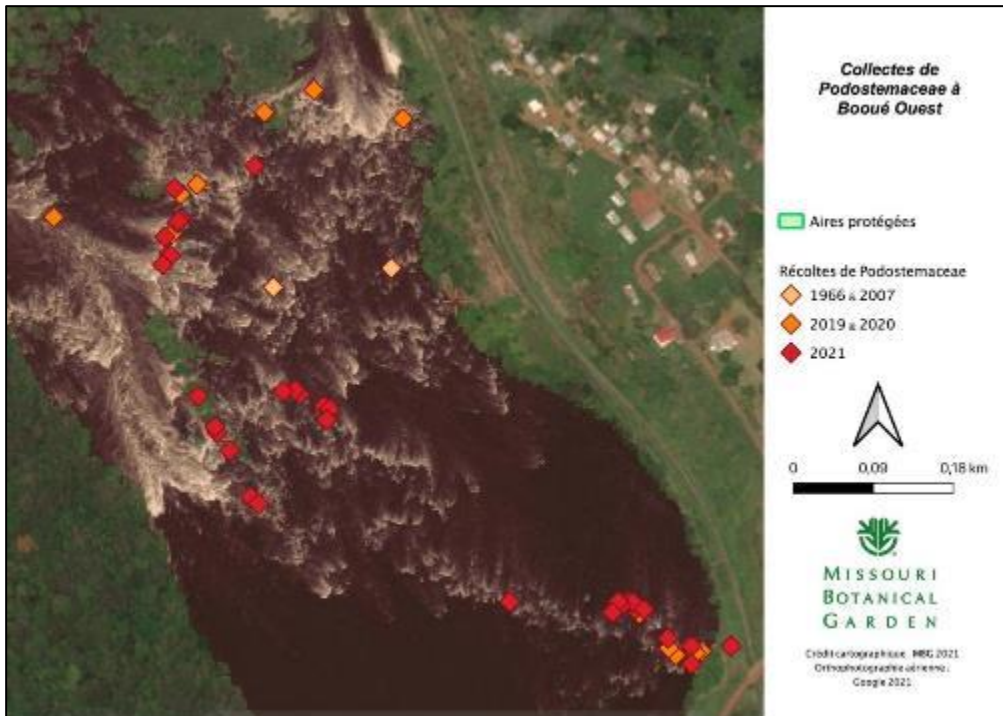


Figure 19 : Carte de distribution des *Podostemaceae* sur le site de Booué Ouest. Cette carte se base sur les collectes réalisées entre 1966 et 2021. Les *Podostemaceae* sont en réalité probablement distribuées sur l'ensemble du site

A la différence du site de Booué Ouest, qui se caractérise par une grande zone de rapides presque continue, le site de Booué Est a une surface beaucoup plus étendue, mais également des rapides moins prononcés, et des rochers plus espacés. D'ailleurs, les rapides ne sont que peu visibles sur les images satellite disponibles. Les récoltes de *Podostemaceae* y sont plus espacées, aussi parce que ce site est largement plus difficile d'accès que le site de Booué-Ouest, qui lui est accessible à pied. Aucune récolte ancienne n'est connue du site de Booué-Est, et seules 11 récoltes ont pu être faite depuis 2019. En 2021, une seule récolte y a été faite.

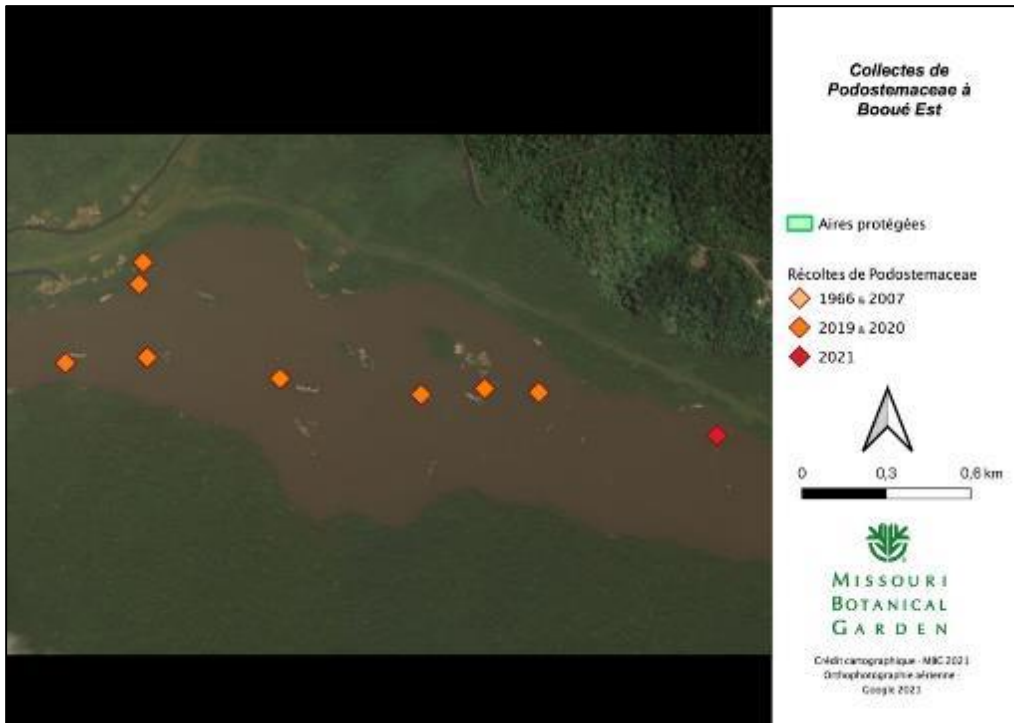


Figure 20 : Carte de distribution des *Podostemaceae* sur le site de Booué-Est. L'échantillonnage reste très parcellaire sur ce site, et la distribution des *Podostemaceae* est donc mal connue.

4.8 Mise à jour des connaissances sur l'écologie des espèces

Lors de la mission de 2021, le MBG a utilisé pour la première fois un protocole de caractérisation et de suivi écologique des stations de *Podostemaceae*, sous forme d'un bordereau à remplir par l'observateur, concernant des paramètres géophysiques du milieu et de caractéristiques du peuplement (phénologie, surface occupée, position dans la rivière, etc.). Ce bordereau d'inventaire est présenté dans les annexes 2 à 10, avec les méthodes utilisées sur le terrain. Pour chaque récolte de *Podostemaceae* effectuée à Booué en 2021, un bordereau a été rempli. Étant donné que pour la majorité des espèces de Booué, plusieurs récoltes ont été effectuées, des tendances écologiques ont pu être déterminées pour la première fois. Néanmoins, les valeurs proposées sont des estimations visuelles, et n'ont pas fait l'objet de mesures précises, qui nécessiteraient un investissement lourd en termes de temps et de moyens humains. Ces données permettent tout de même de distinguer des différences notables entre les taxons. Elles sont résumées dans le tableau ci-dessous, et discutées brièvement pour chaque taxon.

Les informations détaillées sur les 10 espèces sont présentées en annexe 11.

Tableau 6 : Présentation des données écologiques de chacune des 10 espèces de Booué, collectées grâce au bordereau d'inventaire mis en place par le MBG. Si une espèce est présente à Booué-Ouest et à Booué-Est, la ligne est doublée, pour indiquer les différences écologiques éventuelles entre les stations des deux sites. Pour *Inversodicraea sp. 1*, *Ledermanniella nicolasii* et *Saxicolella nana*, aucune récolte n'a été effectuée en 2021, aucun bordereau n'a donc été renseigné. Les informations présentées sont issues des connaissances du MBG ou des récoltes passées. Pour *Macropodiella heteromorpha*, cette espèce est présente à Booué Ouest, mais l'unique bordereau disponible a été renseigné sur la rivière Lenké (seule station collectée en 2021). "Bt à pleine" veut dire que des boutons floraux ont été observés et donc que la floraison va encore durer après l'observation. "Pleine" veut dire que des boutons floraux n'ont pas été observés, ce qui tendrait à supposer que la génération de fleurs observée à l'instant est la dernière de la saison.

Taxon	Booué Ouest	Booué Est	Surface occupée (m ²)	Floraison	Date obs	Fructification	Taille substrat	Courant	Position dans la rivière	Individus secs
<i>Inversodicraea annithomae</i>	X		<1-10 (50%); >10 (50%)	Bt à pleine	Août	Peu	Rochers	(Moyen)Fort - Très fort	Au centre	Non
<i>Inversodicraea sp. 1</i>	X		?	Bt à pleine	Août	Peu	?	Très fort	Au centre	Non
<i>Inversodicraea thollonii</i>	X		<1-10 (60%); >10 (40%)	Pré- à post- floraison	Août	Quelques	Rochers	Faible à Très fort	Au bord - Au centre	Oui
<i>Inversodicraea thollonii</i>		X	<1-10 (60%); >10 (40%)	Pleine	Août	Peu	Rochers (parfois dalle)	Faible à Moyen	Au bord - Au centre	Oui
<i>Ledermanniella aloides</i>		X	<1-10	Fin	Août	Quelques	Rochers (dalle)	Faible à Très fort	Au bord - Au centre	Oui
<i>Ledermanniella aloides f. 'aloides'</i>			<1-10	Pleine	Août	Peu	Rochers	Moyen	Au centre	Non
<i>Ledermanniella nicolasii</i>	X		?	Pleine	Juillet	Peu	?	?	?	?
<i>Ledermanniella pusilla</i>	X		<1-10 (50%); >10 (50%)	Pleine	Août	Peu	Rochers	(Moyen)Fort - Très fort	Au bord - Au centre	Oui
<i>Ledermanniella pusilla</i>		X	<1-10 (50%); >10 (50%)	Pré- à post- floraison	Août	Quelques	Rochers ou dalle	Faible à Fort	Au bord (1 au centre)	Oui
<i>Macropodiella hallaei</i>	X		<1-10 (20%); >10 (80%)	Pleine à post	Août	Quelques	Rochers	Faible à Très fort	Au centre (80%)	Oui
<i>Macropodiella heteromorpha</i>	X*		>10	Pleine	Août	Peu	Rochers	Fort à Très fort	Au centre	Non
<i>Saxicolella nana</i>	X		?	Pleine	Août	Peu	?	Faible ?	Au bord	?
<i>Saxicolella nana</i>		X	?	Pleine	Août	Peu	?	Moyen ?	Au centre	?
<i>Tristicha trifaria</i>	X		<1-10 (50%); >10 (50%)	Boutons	Août	Non	Rochers	Très fort	Au centre (1 bord)	Oui
<i>Tristicha trifaria</i>		X	<1-10	Fin	Août	Oui	Rochers	Très faible à Moyen	Au bord - Au centre	Oui

4.9 Analyse vis-à-vis de la NP6 de la SFI

Malgré le fait que 7 taxons sur les 10 trouvés dans la zone d'étude présentent un degré de menace, tous ne sont pas susceptibles de déclencher l'Habitat Critique au sens de la Norme de Performance 6 de la Société Financière Internationale. Seules les espèces évaluées comme CR, EN, VU+¹ ou à distribution restreinte (*Range Restricted*, c'est à dire ayant une EOO – *Extent of Occurrence* inférieure à 50 000 km²) peuvent déclencher l'Habitat Critique².

6 taxons de flore pourraient déclencher l'Habitat Critique selon la NP6, et sont résumés ci-dessous. Aucune des espèces préliminairement évaluées comme VU n'est VU+.

Tableau 7 : Liste des 10 espèces de Booué et leur cadrage Habitat Critique (colonne HC). Les 6 espèces pouvant déclencher l'Habitat Critique sont indiquées en rouge

Taxon	Statut 2021	Statut publié sur la Red List	Distribution restreinte
<i>Inversodicraea annithomae</i>	EN B2ab(ii,iii,iv,v)	EN B2ab(iii) - 2017	Oui
<i>Inversodicraea</i> sp. 1	EN B2ab(iii)	NA	Non
<i>Inversodicraea thollonii</i>	VU B1ab(iii,v)+2ab(iii,v)	NE	Oui
<i>Ledermanniella aloides</i>	LC	VU D2 - 2010	Non
<i>Ledermanniella nicolasii</i>	EN B1ab(iii,v)+2ab(iii,v)	NE	Oui
<i>Ledermanniella pusilla</i>	LC	EN B2ab(iii) - 2010	Non
<i>Macropodiella hallaei</i>	VU B1ab(iii,v)+2ab(iii,v)	VU D2 - 2010	Oui
<i>Macropodiella heteromorpha</i>	VU B2ab(iii,v)	VU B2ab(ii,iii) - 2010	Non
<i>Saxicolella nana</i>	VU B2ab(iii,v)	VU D2 - 2010	Non
<i>Tristicha trifaria</i>	LC	LC - 2010	Non

¹ Les espèces dites VU+ dans le cadre de ce rapport sont celles susceptibles de voir leur statut de menace dégradé vers EN (En Danger d'extinction) du fait de la mise en œuvre du projet. Cf. GN72 b) *Areas that support globally important concentrations of an IUCN Red-listed Vulnerable (VU) species, the loss of which would result in the change of the IUCN Red List status to EN or CR and meet the thresholds in GN72(a).*

² L'approche par l'EEO utilisée ici correspond aux données disponibles auprès du MBG et utilisées dans le cadre de la Red List. Cette approche s'écarte de la GN74 bullet-point n°3 : *For coastal, riverine, and other aquatic species in habitats that do not exceed 200 km width at any point (for example, rivers), restricted range is defined as having a global range of less than or equal to 500 km linear geographic span (i.e., the distance between occupied locations furthest apart).*

4.10 Détermination des zones écologiquement pertinentes pour l'analyse des habitats critiques (ZEPA)

La Norme de Performance n°6 de la SFI établit que les projets susceptibles d'avoir un impact sur le milieu doivent déterminer une limite raisonnable définissant la zone d'habitat à prendre en considération dans le cadre de l'évaluation d'habitat critique pour chaque espèce présente dans la zone d'influence du projet et pouvant potentiellement déclencher l'habitat critique au regard des critères de la Norme de Performance n°6. C'est ce que l'on appelle « Zones écologiquement pertinentes d'analyse » (ZEPA), une zone prenant en compte à la fois la distribution des espèces et/ou des écosystèmes (au sein ou au-delà de la zone d'influence du projet), les fonctionnalités et process écologiques nécessaires pour le maintien de ceux-ci, et une unité cohérente de gestion.

Les limites des « Zones écologiquement pertinentes d'analyse » pour l'habitat critique peuvent être des bassins versant, de larges cours d'eau, des limites topographiques ou géologiques...

Des zones communes à différentes espèces du fait de similarité d'habitats et de fonctionnalité écologiques peuvent être agrégées en une seule et même zone. C'est le cas ici des *Podostemaceae* qui partagent le même habitat de rapides sur le fleuve Ogooué.

Nous identifions à ce stade une ZEPA basée sur les bassins hydrographiques du fait de la cohérence de fonctionnalité écologique pour les différentes espèces de *Podostemaceae* préalablement ciblées.

La ZEPA proposée couvre 2961 km², et comprend les suivants bassins hydrographiques de niveau 8 du réseau de bassins HYDROSHEDS (couche hybas_af_lev08_v1c) :

- HYBAS 1081145010 (1884 km²)
- HYBAS 1081145940 (343 km²)
- HYBAS 1081145100 (734 km²)

Ces sous-bassins versants correspondent à une unité écologique et géographique cohérente pour les *Podostemaceae* de la zone des permis de la SETRAG, et comprend notamment les deux zones de rapides (Booué-Est et Booué-Ouest), ainsi que les stations qui ont été échantillonnées en aval des rapides. Les *Podostemaceae* poussent dans des conditions très particulières, et par conséquent les populations inféodées à une zone de rapides ont peu d'échanges avec les populations des rapides plus lointains. Nous supposons que les rapides Booué-Ouest et Booué-Est présents dans cette ZEPA sont suffisamment proches pour échanger du matériel génétique, et présentent des conditions écologiques relativement similaires.

Ainsi, cette ZEPA correspond à une entité éco-géographique cohérente pour la flore se développant dans les conditions de rapides au sein du réseau hydrographique.



Figure 21 : Zone écologiquement pertinente pour l'analyse de l'habitat critique dans le cadre des *Podostemaceae*

ESPECES ET CRITERES QUALITATIFS NP6	HABITAT(S) SUR L'AIRE D'ETUDE	APPROCHE QUANTITATIVE	HABITAT CRITIQUE ET CRITERES NP6
<i>Inversodicraea annithomae</i> Statut 2021 MBG : EN Statut <i>Red List</i> : EN (2017) EOO = 36 306 km ² < 50 000 km ² (Espèce à distribution restreinte)	Habitat aquatique Rapides/radiers à Podostémacées. Au Gabon, observées en fleuve et rivières, avec des populations de quelques m ² .	Espèce endémique du Gabon connue de 28 spécimens, représentant 25 occurrences uniques, dont 10 se situent dans les rapides de Booué. Les occurrences sont réparties en 5 localités (<i>locations</i> sensu IUCN ou stations si les locations ne sont pas encore définies). → La localité de l'aire d'étude représente ainsi 20% du nombre de localités connues dans le monde et comporte plus de 5 individus reproducteurs.	OUI Critère n°1 (a) Critère n°2 (a)
<i>Inversodicraea sp. 1</i> Statut 2021 MBG : EN Statut <i>Red List</i> : NA EOO > 50 000 km ²		Cette espèce endémique du Gabon est connue de 3 spécimens, collectés en 2019 et 2020, et représentent 2 <i>locations</i> , dont une se situe dans l'Ivindo sur les chutes Touné, et 1 se situe dans les rapides de l'Ogooué à Booué. → La localité de l'aire d'étude représente ainsi 50% du nombre de localités connues dans le monde.	OUI Critère n°1 (a) Critère n°2 (a)
<i>Ledermanniella pusilla</i> Statut officiel <i>Red List</i> : EN Statut révisé 2020 : LC EOO = 135 783 km ²		Espèce connue du Cameroun, du Gabon et de la République Démocratique du Congo. 25 localités (sensu UICN) connues. → La localité de l'aire d'étude représente 4 % du nombre de localités connues dans le monde et comporte plus de 5 individus reproducteurs.	NON Autre espèce d'intérêt pour la conservation, en mélange avec les autres sur le terrain
<i>Inversodicraea thollonii</i> Statut <i>Red List</i> : NE Statut 2021 MBG : VU EOO = 19 691 km ² < 50 000 km ² (Espèce à distribution restreinte)		Cette espèce endémique du Gabon est connue de 41 récoltes, effectuées entre 1887 et 2021. Elles représentent 9 localités. → La localité de l'aire d'étude représente 11% du nombre de localités connues dans le monde et comporte plus de 5 individus reproducteurs.	OUI Critère n°2 (a)
<i>Ledermanniella nicolasii</i> Statut 2021 MBG : EN Statut <i>Red List</i> : NE, EOO < 50 000 km ² (Espèce à distribution restreinte)		Espèce connue de 4 récoltes, 3 occurrences et 2 <i>locations</i> . → La localité de l'aire d'étude représente 50% du nombre de localités connues dans le monde et comporte plus de 5 individus reproducteurs.	OUI Critère n°1 (a)
<i>Macropodiella hallaei</i> Statut 2021 MBG : VU Statut <i>Red List</i> : VU EOO = 2 429 km ² < 50 000 km ² (Espèce à distribution restreinte)		Cette espèce est connue de 6 localités, et a une EOO de 2 429 km ²	OUI Critère n°2 (a)

Tableau 8 : Habitats critiques au sens de la Norme 6 de la Société Financière Internationale

4.11 Résultats clefs et conclusion pour les Podostémacées

Les zones de rapides de Booué (rapides de Booué Est et Booué Ouest) ont été inventoriés successivement en 1966, 2019, 2020 et 2021. Depuis 1966, 85 échantillons de *Podostemaceae* ont été collectés sur le site de Booué Ouest, dont 73 depuis 2019 par les équipes du MBG, et 11 récoltes ont été faites sur les rapides de Booué Est, toutes entre 2020 et 2021. Le site de Booué Est reste beaucoup moins bien connu que les rapides de Booué Ouest, car le site est beaucoup moins accessible, il est beaucoup plus étalé et les rochers qui le composent sont plus espacés.

Les connaissances actuelles permettent d'affirmer que les sites de Booué (Est et Ouest) présentent 10 espèces de *Podostemaceae*. Il s'agit ainsi du site connu le plus riche en *Podostemaceae* en Afrique, ex aequo avec un autre site au Cameroun. Neuf espèces sont connues des rapides de Booué Ouest, et quatre espèces sont connues de Booué Est.

Les statuts de menace des espèces présentes sur les deux sites (Booué Ouest et Est) ont été mis à jour au regard des nouvelles informations disponibles. Au final, quatre espèces sont En Danger (EN) (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea sp. 1*, *Ledermanniella nicolasii*, *Ledermanniella pusilla*), et 5 espèces sont Vulnérables (VU) (*Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella aloides*, *Macropodiella hallaei*, *Macropodiella heteromorpha*, *Saxicolella nana*). Une espèce présente un statut de Préoccupation Mineure (LC) (*Tristicha trifaria*)

Suite aux analyses réalisées par rapport à la Norme de Performance 6 de la Société Financière Internationale, 5 espèces de *Podostemaceae* déclenchent l'habitat critique à l'échelle de la ZEPA localisée sur les sous-bassins versants de l'Ogooué centré sur les rapides de Booué. Il s'agit de *Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea sp. 1*, *Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella nicolasii*, et *Macropodiella hallaei*.

Au sens de la NP6, il y donc nécessité d'un Plan d'Action Biodiversité (PAB) avec un objectif de gain net (cf. paragraphe 18 de la NP6, ainsi que GN90 et GN91).

5 Etudes complémentaires sur la Raie pastenague

Des analyses d'ADNe ont été menées en 2020 pour rechercher cette espèce, mais elle n'a pas été retrouvée. Les prélèvements d'ADN en effet ont été réalisés depuis les berges du fleuve Ogooué, et pas depuis une embarcation au milieu du fleuve comme cela avait été initialement planifié. Afin de vérifier la présence ou l'absence de l'espèce dans le secteur, trois axes d'intervention ont été déployés sur le terrain lors de la mission de 2021.

5.1 Présentation de l'espèce

La Raie pastenague (*Fontitrygon ukpam* ou *Dasyatis ukpam*) a été décrite pour la première fois en 1863 par John Alexander Smith. Elle est aujourd'hui classée « En Danger Critique d'extinction » (CR, évaluation 2020) d'après les critères de la liste rouge de l'UICN (Jabado *et al.*, 2021).

Il s'agit d'une très grande raie dont le disque est épais et presque circulaire. Le museau est à peine marqué. La surface dorsale est très rugueuse, entièrement couverte de denticules cutanés arrondis ou cordiformes, particulièrement concentrés au centre du disque (Carpenter *et al.*, 2016). Il existe parfois un ou deux tubercules perlés mais surtout une rangée médiodorsale irrégulière de gros tubercules épineux, coniques, à pointe dressée, plus quelques tubercules semblables épars sur les pectorales. La queue, longue et fortement épineuse, a une base de section circulaire. L'aiguillon est réduit ou absent. Il n'y a pas de carène dorsale. Le repli cutané ventral est réduit. La bouche légèrement arquée possède 38-40/38-48 rangées de dents disposées en pavement, et quatre à cinq papilles buccales digitiformes. La taille maximale signalée dans la littérature est de 120 cm d'envergure.

Sur des spécimens vivants, le dos est brun foncé à gris brun, le ventre est blanc, les bords du disque sont sombres et la queue est noirâtre.

Au Gabon, l'espèce a été capturée dans le bassin de l'Ogooué à Lambaréné, Mbouano, Eyango, Onangué, Booué, Talaouga, la Lopé ainsi que dans le bassin d'Olinde à Ntohangha Nongo et Saille dans le cours moyen de l'Ogooué (FAUNAFRI). En Afrique, Séret (1990), signale cette espèce à Binda (Congo), dans le Old Calabar, dans le bassin de la Sanaga (Cameroun), dans le Rio Cacheu (Guinée Bissau) et dans la lagune du Grand Lahou (Côte d'Ivoire). *Fontitrygon ukpam* est également présent dans le bas Congo.

Il s'agit d'une des deux seules raies d'eau douce en Afrique. C'est néanmoins une espèce euryhaline capable d'accepter des variations de salinité importante ce qui lui permet de se déplacer entre différentes rivières via les eaux côtières.

Il s'agit d'une espèce très peu étudiée ; son écologie reste très peu connue. Néanmoins, s'agissant d'une espèce benthique, vivant sur les fonds sableux en milieu fluvial, on peut supposer que cette espèce est habituée à vivre dans un environnement riche en sédiments et doit être peu sensible aux modifications de turbidité.

5.2 Distribution mondiale de la Raie pastenague

Fontitrygon ukpam se distribue depuis les côtes sénégalaises jusqu'au nord de l'Angola. La zone de distribution de l'espèce, selon la liste rouge de l'IUCN, a une superficie de 124 071 km². La carte ci-dessous montre la distribution de l'espèce le long des côtes d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Le fleuve Ogooué représente le site où l'espèce se retrouve le plus en amont à l'intérieur des terres. Le site d'exploitation de sable de la SETRAG est positionné sur la carte.

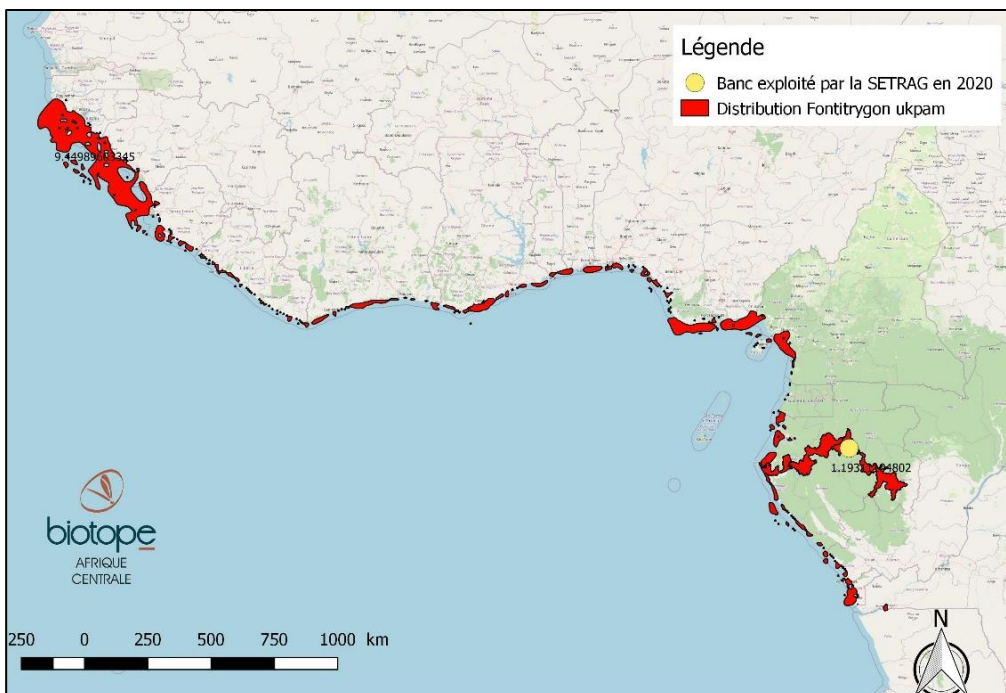


Figure 22 : Distribution de *Fontitrygon ukpam* (Source : IUCN Red List 2021-3)

5.3 Méthodologie mise en place

Une première approche pour déterminer la présence ou l'absence de la raie dans la zone d'étude est l'analyse d'ADN environnemental. Cette technique utilise le fait que les organismes aquatiques perdent des fragments de cellules dans l'eau. L'ADN de ces cellules perdure quelque temps avant d'être dégradé. Il est aujourd'hui possible de détecter ces fragments d'ADN environnemental (ADNe) et de déterminer à quelle espèce ils appartiennent. Pour cela, des analyses ont été effectuées sur base d'approches de métabarcoding et de séquençage à haut débit. Six zones, en amont et en aval des rapides de Booué, ont été échantillonnées, à raison de deux capsules de prélèvement par zone. La photo ci-après illustre l'échantillonnage sur le terrain.



Figure 23 : Prélèvement d'échantillons d'eau pour les analyses ADNe à l'aide d'une pompe dédiée et des capsules de filtration

Les prélèvements d'eau se sont effectués en milieu courant. Les prélèvements d'eau ont été réalisés dans des conditions limitant au maximum les risques de contamination. Pour cela, les contacts entre le matériel et le milieu extérieur ont été limités au maximum et les manipulations ont été effectuées à l'aide de gants à usage unique. Les prélèvements sont ensuite filtrés dans une capsule de filtration dédiée, comportant un filtre qui sert à adsorber l'ADN. C'est cette capsule qui sera ensuite envoyée et analysée par le laboratoire. Pour effectuer un prélèvement, l'eau de la rivière a été filtrée jusqu'à arriver à saturation de la capsule à l'aide d'une pompe dédiée, visible sur les photos.

L'ADN extrait des douze capsules a ensuite été amplifié par réaction en chaîne par polymérase (PCR en anglais), via plusieurs couples d'amorces s'hybridant sur différentes portions de gènes propres aux organismes cibles (gènes mitochondriaux 16S, COI et 12S). Une seconde PCR permettant l'ajout de tags spécifiques à la technique de séquençage nouvelle génération a ensuite été réalisée. Ces produits PCR ont subi une étape de purification puis ont été séquencés sur un séquenceur nouvelle génération de la marque Illumina. Les séquences brutes obtenues ont été traitées par un script bio-informatique afin de ne garder que les séquences d'intérêt. Enfin, les séquences traitées ont été attribuées à leur taxonomie en les comparant à des bases de données de séquences génétiques de poissons.

En milieu courant, les distances de détection sont importantes (de l'ordre de 5-10 km en amont du site de prélèvement) et dépendent de multiples critères : vitesse du courant, turbidité, abondance de la population, saison de reproduction etc. Quatre sites de prélèvements ont été prévus en amont des rapides de Booué, et deux sites de prélèvement ont été prévus en aval.

Afin de minimiser au maximum les risques de pollution des échantillons, les échantillonnages ont été réalisés au milieu du fleuve l'Ogooué. Afin d'augmenter les chances de capturer un maximum de particules biologiques dans les capsules, il faut éviter d'échantillonner dans des zones où les capsules vont se colmater en quelques minutes. Les zones semi-lentiques au milieu du fleuve sont donc souvent les plus adaptées pour cela. La zone à échantillonner doit présenter une turbidité la plus faible possible. Certains argiles présents en suspension dans l'eau ont la capacité de capturer les particules organiques et donc peuvent aider à augmenter la concentration de ces particules.

Pour se rendre au niveau des zones adaptées pour le prélèvement d'eau, la même pirogue mise à disposition par la SETRAG pour les équipes botaniques a été partagée avec les ichthyologues.

La méthode d'analyse d'ADNe est donc particulièrement efficace si l'on souhaite déterminer la présence/absence d'une espèce à condition d'avoir son génome dans la base de données. Pour maximiser les possibilités de détection de la raie, des pêches expérimentales ont été réalisées dans la zone d'étude à l'aide d'une ligne de fond, technique appropriée pour capturer les raies sans les tuer (*no kill*). Ce sont des lignes à nombreux hameçons appâtés reposant sur le fond et maintenues en place par des pierres (placées aux extrémités) et reliés à un flotteur permettant de les repérer. Les hameçons sont distants d'environ un mètre entre eux. Le nombre d'hameçons est compris entre 50 et 200 par ligne de fond. Les appâts sont principalement des vers de vase, des petits poissons, des crabes, des crevettes et quelque fois des gastéropodes.

Les pêches à la ligne de fond ont été réalisées aux mêmes endroits que les analyses d'ADNe.

Ces palangres capturent normalement surtout des *Chrysichthys* (machoirons) et des *Schilbe* (Yara) des *Synodontis*, des *Polydactylus* (Capitaine de mer), des *Labeobarbus* (capitaine d'eau douce), des *Lutjanus* (Rouge) et des *Dasyatis* (Raies).

La dernière approche permettant de déterminer la présence ou absence de raies en amont des rapides de Booué-Ouest est la réalisation d'enquêtes auprès des pêcheurs. Huit pêcheurs locaux ont été soumis à des interviews ouvertes en utilisant une fiche d'enquête conçue à cet effet. Quatre pêcheurs ont été interviewés à Booué et en amont de Booué, et quatre au village Abenelang en aval de Booué. La totalité des pêcheurs de Booué pêchant en amont des chutes de Booué Ouest ont été interviewés, mais en aval il est possible que des pêcheurs de villages plus éloignés remontent le fleuve pour pêcher. Les quatre pêcheurs interviewés en aval pourraient donc ne pas représenter la totalité des pêcheurs de la zone.



Figure 24 : Entretiens avec les pêcheurs au village Tsombial à Boué

Déroulement de la mission de terrain

La pêche No-Kill et les échantillonnages d'eau pour la réalisation des analyses d'ADNe ont été réalisés entre le 30 août et 5 septembre 2021. Les entretiens avec les pêcheurs ont eu lieu tout au long de cette semaine.

Les premiers jours l'équipe a pu bénéficier de la pirogue à moteur, mais quand celle-ci est tombée en panne, les sorties ont dû être faites à la rame, rendant la tâche plus difficile. Finalement, étant donné que les entretiens avec les pêcheurs laissaient croire que les rapides de Booué-Ouest constituaient une barrière écologique pour la raie, trois points d'échantillonnage ont été réalisés en aval de ces rapides pour maximiser les possibilités de détection de l'espèce.

Tableau 9 : Points d'échantillonnage pour les analyses ADNe

Code de l'échantillon (max 3 lettres + 2 chiffres)	Nom de l'échantillon	Coordonnées géographiques	Date d'échantillonnage	Temps de filtration (en minutes)	Situation par rapport aux rapides Booué-Ouest
SPY202152	BOOUE1.1	S0,11117 E11,98930	02/09/2021	17	Amont
SPY202165	BOOUE1.2	S0,11117 E11,98930	02/09/2021	15	Amont
SPY202157	BOOUE2.1	S0,10764 E11,96067	02/09/2021	12	Amont
SPY202151	BOOUE2.2	S0,10764 E11,96067	02/09/2021	11	Amont

Code de l'échantillon (max 3 lettres + 2 chiffres)	Nom de l'échantillon	Coordonnées géographiques	Date d'échantillonnage	Temps de filtration (en minutes)	Situation par rapport aux rapides Booué-Ouest
SPY202161	BOOUE3.1	S0,10839 E11,93465	03/09/2021	7	Amont
SPY202162	BOOUE3.2	S0,10839 E11,93465	03/09/2021	12	Amont
SPY202164	BOOUE4.1	S0,07520 E11,89320	04/09/2021	13	Aval
SPY202156	BOOUE4.2	S0,07520 E11,89320	04/09/2021	16	Aval
SPY202158	BOOUE5.1	S0,06630 E11,87900	04/09/2021	22	Aval
SPY202163	BOOUE5.2	S0,06630 E11,87900	04/09/2021	23	Aval
SPY202160	BOOUE6.1	S0,07120 E11,86402	05/09/2021	18	Aval
SPY202159	BOOUE6.2	S0,07120 E11,86402	05/09/2021	21	Aval

Tous les jours, des missions de pêche à la ligne de fond étaient organisées. Trois lignes de fond (une de 50 hameçons et deux de 100 hameçons étaient posées tous les soirs autour de 18h et elles étaient récupérées à 6h le lendemain. Les lignes de fond étaient également posées pendant quelques heures de la journée. Les appâts utilisés étaient des vers de terre. Les zones de pêche étaient situées aux mêmes endroits que les zones d'échantillonnage d'ADNe.

5.4 Résultats des études

4.5.1 Résultats des enquêtes

Amont des rapides de Booué-Ouest

Les enquêtes auprès des quatre pêcheurs dans les villages en amont des rapides de Booué-Ouest ont permis de constater que la raie n'était pas une espèce pêchée dans la zone. Aucun des quatre pêcheurs n'a déclaré avoir pêché de raie dans la zone, et deux d'entre eux pêchent dans la zone depuis plus de 20 ans. Ils ont cependant signalé que les pêches de raies étaient fréquentes en aval des rapides de Booué-Ouest.

Aval des rapides de Booué-Ouest

Les quatre pêcheurs situés en aval des rapides ont, de leur côté, confirmé la présence de la raie pastenague dans leur zone de pêche. Les captures de raie sont relativement fréquentes dans cette zone.

4.5.2 Résultats des analyses d'ADNe

Les résultats des analyses ADNe sont résumés ci-dessous. Un code couleur est donné pour chaque espèce identifiée. Une espèce en vert foncé correspond à une identification certaine de celle-ci (identification avec un très grand nombre de séquences). Le vert clair correspond à une identification de l'espèce avec un degré de certitude légèrement inférieur (nombre de séquences obtenues pour cette espèce moins important). La couleur jaune correspond à une espèce où seules quelques traces d'ADN ont été mises en évidence. Pour les espèces colorées en jaune, leur présence est ainsi possible mais devrait être confirmée par des observations visuelles, des données historiques ou un nouvel échantillonnage. Les pourcentages donnés pour certaines

espèces correspondent aux pourcentages d'homologies avec les séquences disponibles dans les bases de données. Un pourcentage d'homologie inférieur à 97% doit être considéré avec beaucoup de précaution car ne correspondant probablement pas à l'identité de l'espèce mais à une espèce proche disponible dans les bases de données.

Résultats clefs de l'expertise

Les résultats des analyses ont permis de mettre en évidence la présence de la Raie Pastenague recherchée dans plusieurs prélèvements (2.2, 5.1, 5.2 et 6.2). Les quantités d'ADN pour cette espèce apparaissent cependant très faibles pour les prélèvements 2.2, 5.1 et 5.2 (couleur jaune sur le tableau ci-dessous).

La possible détection de *Fontitrygon ukpam* au niveau du site de prélèvement 2 suggérerait que les rapides de Booué-Ouest ne représentent pas une barrière écologique pour l'espèce, contrairement à ce qui avait été conclu lors des études de 2020. Cependant, seules quelques traces d'ADN ont été mises en évidence (observation en jaune sur le tableau) et des conclusions absolues ne peuvent donc pas être faites quant à la présence effective de la raie en amont de ces rapides.

Une autre information intéressante concerne l'identification d'une seconde espèce de raie de la famille des *Dasyatidae*, au sein de la capsule 6.1. Cette espèce présente une séquence proche de *Fontitrygon ukpam* mais avec néanmoins des différences très claires. Cette espèce pourrait correspondre à une espèce de raie non encore identifiée et présente dans le fleuve Ogooué.

Tableau 10 : Liste des espèces de poissons détectés par ADNe

Position par rapport aux rapides de Booué-Ouest	Site de prélèvement	Poissons	Statut UICN
Amont	1.1	<i>Ivindomyrus sp</i>	Inconnu
		<i>Tropheus duboisi</i> 96,2%	VU
Amont	1.2	<i>Petrocephalus simus</i>	LC
		<i>Labeo nasus</i>	LC
		<i>Clarias gabonensis</i>	LC
		<i>Campylomormyrus sp.</i> 94%	Inconnu
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i> 96,6%	LC
Amont	2.1		
Amont	2.2	<i>Dasyatis ukpam</i>	CR
		<i>Stomatorhinus sp.</i>	Inconnu
		<i>Distichodus hypostomatus</i>	LC
Amont	3.1	<i>Brycinus sp.</i>	Inconnu
		<i>Distichodus hypostomatus</i> 98,6%	LC
		<i>Xenocharax spilurus</i> 96,6%	Non renseigné
		<i>Ivindomyrus marchei</i>	LC
		<i>Coptodon zillii</i> 93,4%	LC
		<i>Auchenoglanis occidentalis</i> 92,6%	LC

Position par rapport aux rapides de Booué-Ouest	Site de prélèvement	Poissons	Statut UICN
Amont	3.2	<i>Chrysichthys sp.</i>	Inconnu
		<i>Clarias sp.</i> 96,8%	Inconnu
Aval	4.1	<i>Synodontis notatus</i> 99,2%	LC
		<i>Labeo nasus</i>	LC
		<i>Labeo sp.</i>	Inconnu
		<i>Cyphomyrus discorhynchus</i> 94,3%	LC
		<i>Mormyrops anguilloides</i> 93,1%	LC
		<i>Coptodon zillii</i> 98,2%	LC
		<i>Pareutropius debauwi</i> 94,8%	LC
Aval	4.2	<i>Clarias gabonensis</i> 93,7%	LC
		<i>Enteromius guirali</i>	LC
		<i>Marcusenius moorii</i> 99,2%	LC
		<i>Pareutropius debauwi</i> 97%	LC
Aval	5.1	<i>Chrysichthys sp</i> 98,4%	Inconnu
		<i>Labeo batesii</i> 99,2%	LC
		<i>Dasyatis ukpam</i>	CR
		<i>Pareutropius debauwi</i> 97%	LC
Aval	5.2	<i>Marcusenius stanleyanus</i> 97,7%	LC
		<i>Brycinus imberi</i> 92,9%	LC
Aval	5.2	<i>Dasyatis ukpam</i>	CR
Aval	6.1	Raie inconnue (Dasyatidae)	Inconnu
		<i>Labeo nasus</i>	LC
		<i>Oreochromis schwebischi</i> 98,6%	LC
		<i>Chrysichthys sp</i> 96,7%	Inconnu
		<i>Schilbe intermedius</i> 94,3%	LC
Aval	6.2	<i>Dasyatis ukpam</i>	CR
		<i>Coptodon sp.</i>	Inconnu
		<i>Chrysichthys sp</i> 96,7%	Inconnu
		<i>Hemichromis fasciatus</i>	LC
		<i>Coptodon zillii</i> 98,2%	LC
		<i>Labeo nasus</i>	LC
		<i>Mormyrops anguilloides</i> 96,6%	LC
		<i>Schilbe intermedius</i> 94,4%	LC
		<i>Labeo batesii</i> 95,3%	LC
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i> 96,6%	LC
		<i>Alestes grandisquamis</i> 95,3%	LC
<i>Malapterurus electricus</i>	LC		

4.5.3 Résultats des pêches

Amont des rapides de Booué-Ouest

Le tableau ci-dessous reprend la liste des espèces capturées dans la zone d'étude en amont des rapides de Booué-Ouest. Ces pêches ont été réalisées dans la pirogue à moteur mise à disposition par la SETRAG. Cette liste a été dressée à partir des résultats des pêches expérimentales. Les espèces pêchées en amont ne sont pas menacées selon la liste rouge de l'UICN. Aucune raie n'a été pêchée dans cette zone.

Tableau 11 : Espèces de poissons pêchées en amont des rapides de Booué-Ouest

Captures de poissons en amont de Booué			
Famille	Espèce	Statut UICN	Quantité
Schilbeidae	<i>Schilbe grenfelli</i>	LC	3
	<i>Schilbe multitaeniatus</i>	LC	5
Claroteidae	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	LC	4
	<i>Chrysichthys thysi</i>	LC	3
	<i>Chrysichthys auratus</i>	LC	2
Mochokidae	<i>Synodontis Polyodon</i>	LC	4

Aval des rapides de Booué-Ouest

Les pêches faites en aval des chutes de Booué, ainsi que les échantillonnages ADN faits dans cette zone, ont été réalisés avec un pêcheur local, qui a mis sa pirogue en bois à notre disposition étant donné qu'il n'y a pas d'accès au fleuve en aval des rapides d'Ogooué-Ouest pour mettre à l'eau une pirogue à moteur. Des prélèvements d'ADNe ont été faits au niveau de trois zones (sites de prélèvement 4, 5 et 6).

Un individu adulte de *Fontitrygon ukpam* a été capturé le 5 septembre 2021 au niveau du site de prélèvement 6, où des lignes de fond avaient été posées la veille. Un prélèvement de tissu a été réalisé pour permettre d'avoir une séquence de base pour la réalisation postérieure des analyses ADNe.

4.5.4 Synthèse des résultats

Les analyses ADNe, les enquêtes auprès des pêcheurs et la capture de l'individu adulte ont permis de confirmer la présence de *Fontitrygon ukpam* à l'aval des rapides de Booué-Ouest, et les analyses ADNe suggèrent que l'espèce pourrait également être présente en amont.

Une espèce de raie inconnue a été également révélée par les analyses d'ADNe. Il pourrait s'agir d'une espèce déjà décrite mais pour laquelle la séquence ADN n'était pas disponible, ou d'une espèce nouvelle pour la science.

Les autres espèces relevées par les analyses d'ADNe ainsi que par la pêche ne sont pas menacées, à l'exception de *Tropheus duboisi*, qui est vulnérable (VU).



Figure 25 : *Fontitrygon ukpam* capturé le 5 septembre 2021 en aval des rapides de Bououé-Ouest

5.5 Analyse vis-à-vis de la NP6 de la SFI

L'espèce de raie recherchée à été détectée en aval des rapides de Booué-Ouest, et les analyses ADNe suggèrent que l'espèce serait également présente en amont. *Fontitrygon ukpam* serait donc susceptible de déclencher l'habitat critique au sens de la Norme de Performance 6 de la SFI. Une limite raisonnable définissant la zone d'habitat à prendre en considération dans le cadre de l'évaluation d'habitat critique doit alors être déterminée pour cette espèce dans la zone d'influence du projet.

Comme cela a été présenté auparavant, *Fontitrygon ukpam* est une espèce de raie dont l'écologie est encore méconnue mais qui fréquente les fonds sablonneux. Il s'agit d'un animal pouvant effectuer d'importants déplacements, et qui pourrait en théorie parcourir des longues sections du fleuve Ogooué pour son cycle de reproduction. Etant donné que la zone d'influence du projet (et donc la zone d'étude) comprend la partie aval comme la partie amont des rapides de Booué-Ouest, nous avons opté pour considérer une « Zone écologiquement pertinente d'analyse » (ZEPA) intégrant la section aval du fleuve où la présence de la raie est confirmée (distribution UICN Red List 2021-3) ainsi que le sous-bassin hydrographique où l'espèce a été détectée grâce aux inventaires de 2021 et les trois bassins qui se trouvent entre ces deux zones. Il s'agit ainsi des bassins hydrographiques de niveau 8 du réseau de bassins HYDROSHEDS (couche hybas_af_lev08_v1c) suivants :

- HYBAS 1081146070 (1291 km²)
- HYBAS 1081145010 (1884 km²)
- HYBAS 1081145940 (343 km²)
- HYBAS 1081145100 (734 km²)

La ZEPA proposée couvre ainsi une superficie de 19 000 km², et correspond à une unité écologique et géographique cohérente pour la raie pastenague. Il est important de rappeler que l'Ogooué est le fleuve d'Afrique où cette espèce pénètre le plus en amont. Il n'est pas exclu que les individus retrouvés en aval des rapides de Booué-Ouest puissent se déplacer jusqu'à l'embouchure du fleuve à certaines périodes de l'année. Cette ZEPA est représentée sur la carte ci-dessous :

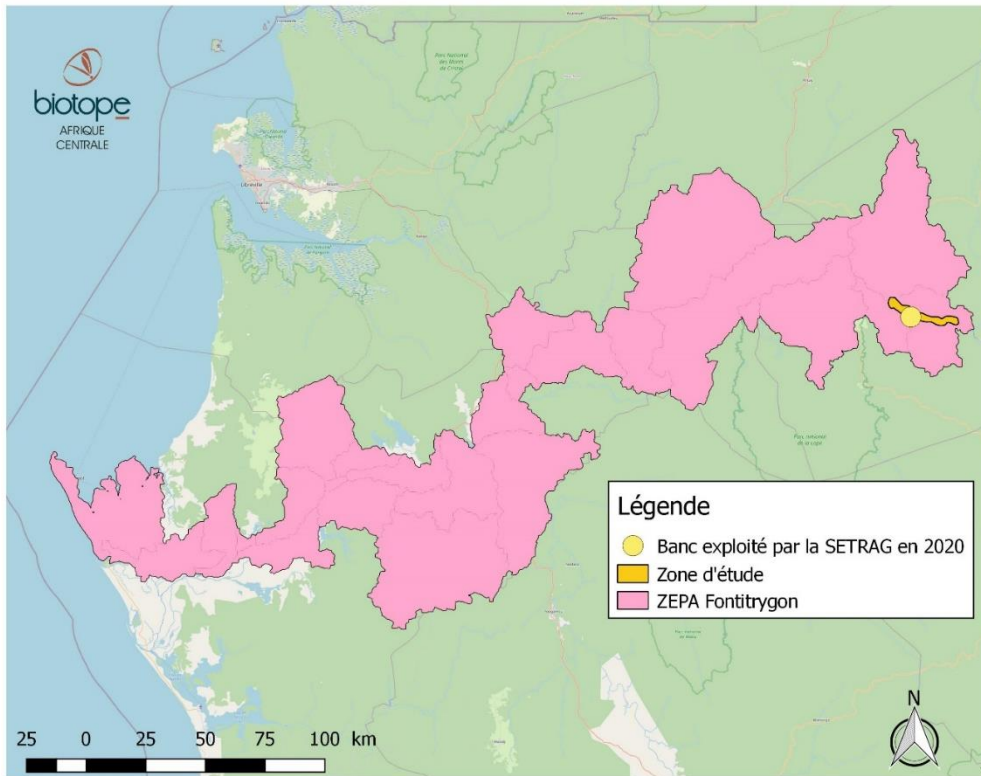


Figure 26 : Zone écologiquement pertinente d'analyse d'habitats critiques (ZEPA) pour la raie *Fontitrygon ukpam*

Actuellement il n'existe pas d'estimations ni de suivis de population de *Fontitrygon ukpam* au sein de son aire de répartition.

En l'absence de meilleure information disponible, une approche par l'EOO est donc proposée. L'EOO totale pour cette espèce est de 124 071 km² ; la ZEPA proposée (19 000 km²) représenterait 15% de l'EOO totale de l'espèce et un secteur où l'espèce est régulièrement observée (pêchée), soit probablement plus de 0,5% de la population mondiale.

Nous pouvons ainsi conclure que *Fontitrygon ukpam* déclenche l'habitat critique au sein de cette ZEPA.

Concernant l'autre raie de la famille *Dasyatidae* détectée grâce aux analyses d'ADNe au niveau du point d'échantillonnage n°6, aucune information précise n'est disponible. Dans l'état actuel des connaissances, deux hypothèses sont envisageables :

1. Il s'agit d'une espèce nouvelle pour la science. Elle partagerait l'habitat avec *Fontitrygon ukpam*. Le séquençage génétique, ci-dessous, montre clairement les différences entre les deux espèces de raie. En effet, en observant l'alignement des séquences, nous pouvons observer que pour les deux séquences trouvées dans la capsule 6.1 et une séquence trouvée dans la capsule 6.2, elles diffèrent par rapport à la séquence de référence (la première) et les séquences trouvées dans les autres capsules, qui correspondent à *Fontitrygon ukpam*..

2. L'espèce détectée pourrait également correspondre à une raie déjà connue et décrite mais non disponible dans la base génétique du laboratoire GECOLAB qui a analysé les données, comme *Fontitrygon margarita* (VU) par exemple (bien que cette espèce ne soit pas connue du secteur).

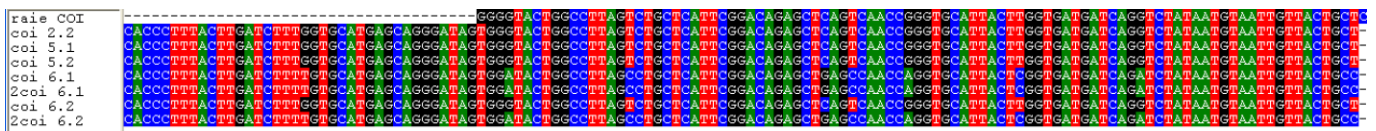


Figure 27 : Séquençage génétique de *Fontitrygon sp.* (ou *Dasyatis sp.*)

5.6 Résultats clefs et conclusions pour la raie *Fontitrygon ukpam*

Les différents moyens mis en œuvre pour détecter la raie *Fontitrygon ukpam* (analyses ADN, enquêtes auprès des pêcheurs et pêche *no-kill*) ont permis de confirmer la présence de l'espèce à l'aval des rapides de Booué-Ouest, ainsi que très probablement en amont. Cette raie déclenche l'habitat critique au sein de la zone écologiquement pertinente d'analyse choisie, et il faudra donc élaborer un Plan d'Action Biodiversité (PAB) avec un objectif de gain net pour cette espèce (cf. paragraphe 18 de la NP6, ainsi que GN90 et GN91)

6 Conclusion générale sur les études complémentaires

Les permis concédés à la SETRAG au niveau de Booué se trouvent dans une zone très sensible vis-à-vis de la biodiversité. Les rapides de Booué-Ouest (immédiatement au nord du permis G6-129) et les rapides de Booué-Est (dans le permis G6-128) présentent neuf espèces et quatre espèces de *Podostemaceae* respectivement, donnant un total de dix espèces différentes pour les deux sites. Parmi ces espèces, quatre sont En Danger (EN) (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea sp. 1*, *Ledermanniella nicolasii*, *Ledermanniella pusilla*), et cinq autres sont Vulnérables (VU) (*Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella aloides*, *Macropodiella hallaei*, *Macropodiella heteromorpha*, *Saxicolella nana*).

De plus, *Fontitrygon ukpam*, une espèce de raie en Danger Critique d'Extinction (CR), a été détectée immédiatement en aval des rapides de Booué-Ouest (un individu a été capturé à 8 km au nord-ouest du permis G6-129) et est probablement présente au niveau des permis selon les analyses d'ADNe.

Suite aux analyses réalisées par rapport à la Norme de Performance 6 de la Société Financière Internationale, l'espèce de raie ainsi que cinq espèces de *Podostemaceae* (*Inversodicraea annithomae*, *Inversodicraea sp. 1*, *Inversodicraea thollonii*, *Ledermanniella nicolasii*, et *Macropodiella hallaei*) déclenchent l'habitat critique à l'échelle des ZEPAs établis.

Au sens de la NP6, il y a donc nécessité d'un Plan d'Action Biodiversité (PAB) avec un objectif de gain net (cf. paragraphe 18 de la NP6, ainsi que GN90 et GN91) pour les cinq espèces de *Podostemaceae* et pour l'espèce de raie.

7 Evaluation des impacts potentiels sur les espèces ciblées et propositions de mesures d'atténuation

7.1 Principaux impacts potentiels de l'extraction de sable sur les espèces ciblées

Les activités d'extraction de sable peuvent avoir des impacts négatifs sur le milieu aquatique et les espèces ciblées par ces études complémentaires. Les impacts suivants ont été considérés :

- Dégradation ou destruction des stations de Podostémacées par les engins de chantier (pelles mécaniques, chargeurs) si les activités d'extraction sont réalisées à proximité directe des stations.
- Dégradation de la qualité physico-chimique du milieu aquatique pouvant impacter les Podostémacées et la Raie pastenague *Fontitrygon ukpam*, via notamment une augmentation de la turbidité de l'eau.
- Modification de la disponibilité en habitats pour les Podostémacées et la Raie pastenague.

7.2 Dégradation ou destruction des stations de Podostemaceae par les engins de chantier et mesures permettant d'atténuer cet impact

Ci-après sont détaillés les différents impacts, et des mesures sont proposées à ce stade pour atténuer le risque de dégradation ou destruction des stations de *Podostemaceae* et des habitats de la raie *Fontitrygon ukpam*.

7.2.1 Impacts potentiels

Le permis G6-129 de la SETRAG se situe à moins de 500 mètres du site à *Podostemaceae* de Booué-Ouest. Même si les populations ne sont pas directement menacées par les travaux d'extraction, elles pourraient potentiellement être indirectement menacées par le passage d'engins de chantier sur les berges du fleuve. En effet, en cas de passage sur les rochers à *Podostemaceae*, les espèces seraient lourdement impactées et des stations pourraient être détruites.

Lors de la mission de reconnaissance effectuée en juillet 2021, les bancs de sable n°3 et n°11 ont été visités. Les engins devaient reprendre en 2021 les mêmes accès que ceux qui ont été empruntés en 2020, et les zones exploitées auraient dû être sensiblement les mêmes. Un repérage des voies d'emprunts a donc préalablement été fait, et aucune *Podostemaceae* n'a été

aperçue à proximité des zones d'extraction de sable. Comme cela a été annoncé préalablement, les stations de podostémacées les plus proches du permis G6-129 se trouvent au niveau des rapides de Booué-Ouest.

7.2.2 Mesures d'atténuation

Les inventaires réalisés en 2020 puis en 2021 permettent aujourd'hui d'établir une distribution relativement précise des stations de *Podostemaceae* au sein et à proximité directe des permis de la SETRAG.

Les mesures d'atténuation suivantes sont proposées à ce stade pour diminuer le risque de dégradation ou destruction de ces stations par les engins de chantier.

Tableau 12 : Mesures d'atténuation pour atténuer le risque de dégradation ou destruction des stations de *Podostemaceae* par les engins

Zone concernée	Code de la mesure	Nom de la mesure
Booué-Ouest	MESURE EVIT1	Eviter l'exploitation des bancs de sable qui sont à proximité des zones à <i>Podostemaceae</i> et ceux nécessitant un passage à proximité, notamment le banc n°3.
	MESURE EVIT2	Délimitation de zones de travaux et établissement d'une zone tampon par rapport aux stations de <i>Podostemaceae</i> les plus proches
	MESURE EVIT3	Repérage des stations de <i>Podostemaceae</i> les plus proches en cas d'exploitation de nouveau banc
Booué-Est	MESURE EVIT4	Absence d'exploitation au niveau des rapides de Booué Est

7.2.2.1 MESURE EVIT1 : Eviter l'exploitation des bancs de sable qui sont à proximité des zones à *Podostemaceae*

Anciennement, les bancs de sable visés pour l'exploitation étaient le 11, le 12 et le 3, avec une intensité plus importante sur le banc n°11. Cependant, comme cela a précédemment été signalé, le banc de sable n°3 est très proche des stations de *Podostemaceae* de Booué-Ouest, et étant donné qu'il est composé essentiellement de sable fin, son exploitation n'est pas indispensable pour la fabrication des traverses en béton car les stocks disponibles en sable fin sont encore très importants. A la fin de l'année 2021, il a donc été décidé que seulement le banc n°11 continuerait de faire l'objet d'extraction de sable dans les années futures, sauf si des nouveaux bancs

accessibles se forment lors des prochaines saisons de pluies. Ainsi, le banc de sable le plus proche des zones à *Podostemaceae* a été évité.

7.2.2.2 MESURE EVIT2 : Délimitation de zones de travaux et établissement d'une zone tampon de 300 m par rapport aux stations de *Podostemaceae* les plus proches

Il est important de matérialiser la zone d'emprise des travaux sur le terrain comprenant la zone de prélèvement de sable ainsi que les zones de manœuvre pour les véhicules et de manutention. Ces zones dites « de travaux » devront se situer à une distance d'au moins 300 mètres de toute station de *Podostemaceae* inventoriée. Cette zone autour des stations servira de zone tampon. La distance à laquelle peut être transportée une particule de fines dans un cours d'eau dépend de la vitesse du courant et du diamètre de la particule, mais nous pouvons considérer qu'à partir de 300 mètres les particules mises en suspension par l'extraction de sable seront soit dispersées dans le fleuve, soit déposées sur le fond de celui-ci, et n'auront donc aucun impact significatif sur les podostémacées. De plus, l'extraction de sable se fait en saison sèche, ce qui correspond à la période où les podostémacées sont hors de l'eau, donc une augmentation de la turbidité et des fines dans l'eau n'aurait très probablement aucun impact sur ces plantes émergées. Tout de même, par mesure de précaution, nous conseillons qu'aucune machine ne travaille à moins de 300 mètres des stations de podostémacées. Aucune activité, que ce soit de prélèvement de matériau ou de déplacement de véhicules ne devra être effectuée dans cette zone tampon. En règle générale, tout impact mécanique sur des zones de rochers doit impérativement être évité.

Il faut que les limites de la zone de travaux soient visibles en toutes circonstances lors du chantier. Pour cela, peuvent être utilisés des piquets colorés, du ruban de chantier, ou des clôtures temporaires de chantier. Cela permettra que les impacts directs des engins et des employés soient limités à cette zone.

7.2.2.3 MESURE EVIT3 : Repérage des stations de *Podostemaceae* les plus proches en cas d'exploitation de nouveau banc

Une cartographie reprenant les futures zones de chantier lorsque celles-ci seront définies permettra de s'assurer que les distances de sécurité pour éviter la destruction directe ou indirecte des populations de *Podostemaceae* sont bien respectées, c'est-à-dire au moins 300 mètres de toute station de *Podostemaceae*. La figure ci-dessous présente les zones tampon autour des stations à *Podostemaceae* à ne pas exploiter. Aucune station de *Podostemaceae* n'a été relevée au niveau de la zone d'exploitation communautaire, ni dans la zone se trouvant entre les deux anciens permis de la SETRAG. La zone où la SETRAG souhaiterait exploiter le sable en 2022 ne présente donc pas d'enjeu majeur vis-à-vis des *Podostemaceae*.

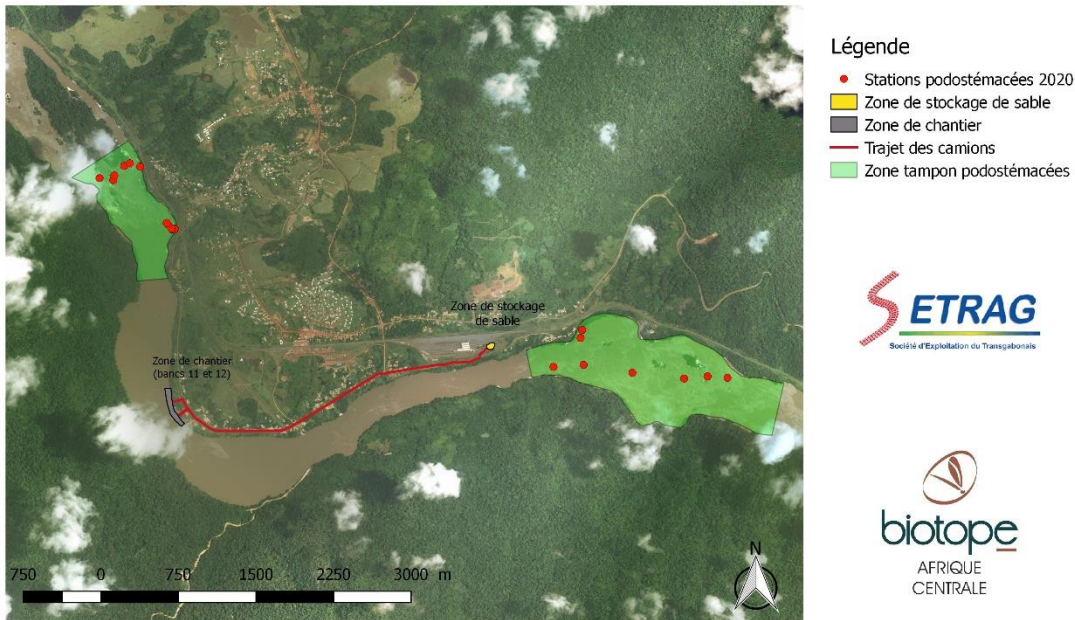


Figure 28 : Zones tampon autour des stations à *Podostemaceae* à ne pas exploiter

7.2.2.4 MESURE EVIT4 : Absence d'exploitation au niveau des rapides de Booué Est

Le permis de Booué-Est (G6-128), en revanche, se superpose aux stations de *Podostemaceae* trouvées dans cette zone. Cette situation est beaucoup plus problématique, car ce site est beaucoup moins connu que le site de Booué-Ouest. De plus, la géomorphologie du site est différente : là où à Booué-Ouest se présente une grande zone continue de rapides, mais localisée, à Booué-Est les rapides sont beaucoup plus étalés, au courant moins fort, et aux rochers isolés parmi les bancs de sable. Les données collectées en 2020 suggèrent cependant que chaque rocher est colonisé par des *Podostemaceae*. Au-delà des impacts potentiels déjà mentionnés ci-dessus, l'impact le plus important ici est la destruction directe de rochers par les moyens mécaniques employés pour l'exploitation de sable. Nous ne disposons pas d'informations à ce jour sur l'éventualité d'une campagne d'extraction de sable dans cette zone du permis, mais étant donné qu'il n'y a pas d'accès par la route, la SETRAG n'envisage pas pour le moment d'exploiter cette zone.

Nous recommandons d'éviter la zone. Si une éventuelle campagne d'exploration et d'exploitation de sable doit avoir lieu dans cette partie du permis les impacts sur les rochers doivent impérativement être évités.

7.2.3 Conclusions clefs

Nous pouvons conclure que la destruction des *Podostemaceae* par les engins ne présente pas un véritable risque d'impact étant donné que les zones sensibles sont évitées.

Pour l'année 2022 et les années à venir, le banc n°3 ne sera pas exploité par la SETRAG car jugé trop sensible en raison de sa proximité aux stations de podostémacées de la zone de Booué-Ouest.

7.3 Dégradation de la qualité physico-chimique du milieu aquatique et augmentation de la turbidité pouvant impacter les Podostémacées et la Raie pastenague

7.3.1 Impacts potentiels

Largage de sédiments dû à l'exploitation

Nous ne pouvons exclure qu'une quantité importante de sédiments soit larguée dans le fleuve lors des futures campagnes d'extraction de sable. Aucune donnée ne permet, à l'heure actuelle, de déterminer l'impact de ces sédiments sur les populations de *Podostemaceae*. Il est très probable que chaque espèce réagisse différemment. Les espèces inféodées aux bords du fleuve sont potentiellement plus impactées qu'au centre, là où le courant est très fort et emporte les sédiments en amont, avec une très faible probabilité de dépôt susceptible de nuire aux *Podostemaceae*. Néanmoins, il pourrait y avoir un risque d'envasement des berges du fleuve.

Nous estimons que les quantités de sédiments largués dans le fleuve lors de l'extraction de sable devraient être négligeables par rapport aux sédiments présents naturellement dans l'Ogooué, mais nous recommandons tout de même de procéder à un suivi des stations connues au cours du processus d'exploitation afin d'évaluer les impacts avec précision. De plus, nous recommandons de mettre en place des placettes-témoins en bord de fleuve pour évaluer d'un envasement éventuel. Pour éviter que le suivi des stations soit à l'origine d'impacts sur les *Podostemaceae*, il faut veiller à ne pas se déplacer sur les plantes et à les abimer le moins possible. Si des prélèvements doivent être faits depuis un bateau, nous conseillons que celui-ci reste à l'aval de la station pour éviter que toute fuite accidentelle de carburant puisse se déposer sur les *Podostemaceae*.

La raie pastenague, comme tous les poissons du fleuve Ogooué, s'adapte au cours des saisons à une modification saisonnière de la turbidité dans l'eau (forte augmentation naturelle de la turbidité lors des grandes crues). Une légère augmentation ponctuelle de la turbidité due à l'extraction ne devrait donc pas constituer une menace pour l'espèce.

La qualité physico-chimique de l'eau peut se voir affectée également par le versement de produits dangereux (carburants, huiles...), étudiés ci-après :

Versement accidentel de produits dangereux

La circulation des engins de chantiers peut être à l'origine d'un versement accidentel de produits dangereux pour les milieux aquatiques ou les populations lors des phases de préparation et d'exploitation. Les hydrocarbures ou huiles peuvent se déposer sur les *Podostemaceae*, affectant leur capacité de survie. Les connaissances actuelles ne permettent pas d'évaluer avec précision les conséquences de telles fuites sur les *Podostemaceae*, mais une approche de précaution devrait être employée.

Augmentation de la turbidité

L'augmentation de la turbidité peut avoir plusieurs origines. Elle peut être directement liée aux activités d'extraction et aux méthodes utilisées, ou elle peut être consécutive à une modification des caractéristiques physiques du site.

Le prélèvement du sable devant se faire à l'aide d'une pelle mécanique située directement sur le banc et ne prélevant du sable que sur la partie émergée (profondeur maximale de 1 m), aucun contact entre la pelle et la rivière n'est attendue. De plus, l'extraction du sable se fait au centre du banc en allant de l'aval vers l'amont et après avoir mis en place des merlons sur les bords du banc. Le relargage direct de sédiments dans l'Ogooué sera donc très limité et s'effectuera principalement lors de la phase de préparation du site et la mise en place des merlons.

Une augmentation de la turbidité pourrait cependant être provoquée par une augmentation de l'érosion des sols au niveau de la zone d'exploitation et du chemin d'accès pour se rendre au banc de sable. En effet, lorsque le niveau de l'eau augmentera en saison des pluies et couvrira toute cette zone, les parties dévégétalisées vont relarguer plus de particules. Mais comme les zones d'accès empruntées en 2021 seront les mêmes qu'en 2020, le défrichage supplémentaire est supposé être très limité. L'augmentation potentielle de la turbidité serait donc très faible en comparaison à un scénario sans exploitation, puisque les chemins d'accès ont déjà été ouverts.

L'utilisation d'engins lourds produira un tassement du sol au niveau des pistes d'accès et des zones d'exploitation. Ces tassements modifieront les processus naturels d'infiltration et de ruissellement de l'eau, entraînant un processus d'érosion.

Le phénomène d'érosion est accentué au début de la saison des pluies. Une fois que l'eau du fleuve a recouvert complètement les bancs et une partie des chemins d'accès, l'érosion est accentuée, et par conséquent la turbidité. Cependant, vu la très faible surface défrichée et impactée par les activités d'extraction de sable, nous pouvons supposer que l'augmentation relative de la turbidité sera très faible. Le fleuve Ogooué a un débit très important au niveau de Booué, notamment en saison des pluies, et l'émission de sédiments associée au projet SETRAG devrait très vite être diluée, et l'augmentation de la turbidité serait ainsi négligeable compte tenu du volume d'eau du fleuve.

Malgré le peu d'informations existant sur l'écologie de la Raie pastenague, nous supposons qu'une légère augmentation de la turbidité au niveau du site d'exploitation ne représente pas une menace pour cette espèce (Camhi et al., 1998).

Concernant les *Podostemaceae*, il est important de faire des inventaires exhaustifs à proximité des zones d'extraction de sable pour éviter un relargage de sédiments à proximité de ces plantes, mais une légère augmentation de la turbidité ne devrait pas représenter une menace pour ces plantes non plus (Bidault et al., 2020). L'augmentation de la turbidité peut être quantifiée à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau. Comme toutes les plantes, les Podostémacées ont besoin de recevoir la lumière du soleil pour réaliser leur photosynthèse, et donc la turbidité de l'eau doit permettre la traversée des rayons UV, mais au niveau des rapides de Booué l'eau est déjà naturellement assez trouble, et les podostémacées vivent proches de la surface de l'eau quand elles sont immergées en saison des pluies. Les mesures de turbidité réalisées par la SETRAG lors de la campagne d'extraction de 2020 indiquent des valeurs comprises entre 10 NTU et 17 NTU. Aucune étude n'a encore été réalisée sur les impacts de la

turbidité de l'eau sur les *Podostemaceae* en Afrique Centrale, mais selon les seuils établis pour la vie aquatique en Guyane, si la turbidité est inférieure à 15 NTU les risques d'effets néfastes sur les espèces aquatiques sont négligeables, et lorsque celle-ci est comprise entre 15 et 35 NTU, il peut y avoir des risques d'effets chroniques pour les espèces les plus sensibles mais ceux-ci restent limités. Une légère augmentation de la turbidité ne devrait donc pas constituer un obstacle pour la réalisation de la photosynthèse et le développement de ces espèces.

7.3.2 Mesures d'atténuation

Afin de réduire au maximum les risques énoncés, certaines mesures sont proposées ci-dessous :

Tableau 13 : Mesures d'atténuation pour limiter les risques d'augmentation de turbidité et pollution de l'eau

Zone concernée	Code de la mesure	Nom de la mesure
Booué-Ouest	MESURE REDUC1	Réduire le risque de déversement de matières polluantes sur le chantier
	MESURE REDUC2	Encadrement lors des travaux de terrassement et réduction des impacts sur le sol
	MESURE REDUC3	Entretien des routes en terre existantes (pistes non revêtues)
	MESURE RESTOR1	Revégétalisation de la zone d'exploitation et des voies d'accès une fois l'exploitation terminée

7.3.2.1 **MESURE REDUC1 : Réduire le risque de déversement de matières polluantes sur le chantier**

Tous les produits jugés toxiques (huiles, hydrocarbures, etc.) seront stockés sur des zones sécurisées imperméabilisées. Le ravitaillement des camions et autres véhicules en carburant et leur maintenance (y compris le lavage des véhicules) se feront dans une zone dédiée à cet effet au niveau de l'usine, éloignée du fleuve Ogooué, et qui dispose déjà d'installations adaptées (bac de rétention des huiles usagées, séparateur d'hydrocarbures, etc.).

Les engins devront être en règle et disposer d'un contrôle technique récent. Ils doivent être supervisés régulièrement pour détecter toute fuite inhabituelle le plus tôt possible. De plus, l'accès au chantier doit être interdit au public avec des signalisations et des barrières. La SETRAG va mettre en place un suivi journalier de l'exploitation avec la mise en place d'un rapport de suivi.

7.3.2.2 MESURE REDUC2 : Encadrement lors des travaux de terrassement et réduction des impacts sur le sol

Comme cela a été alerté précédemment, la circulation des engins et les possibles travaux de terrassement (bien que la zone soit plate) vont induire des mouvements de terres qui seront à l'origine d'érosion et de turbidité dans l'eau.

Afin de limiter l'érosion ces zones terrassées, les travaux doivent être réalisés en saison sèche, et les volumes de sable déplacés doivent être stockés sur des secteurs hauts et plats, si possible à l'abri de la pluie. La mise en place de barrières de rétention empêchant les sédiments de quitter la zone de stockage (merlons, boudins...) et/ou de bâches pour protéger les peut limiter en grande partie la quantité de sédiments qui se retrouveront dans l'eau. L'actuelle zone de dépôt de sable se trouve dans les hauteurs de Booué, près de l'usine de la SETRAG, loin du fleuve Ogooué. Les dépôts temporaires de sable dans le lit du fleuve n'excèdent pas la journée, ensuite le sable est transporté vers la zone de stockage finale au niveau de l'UPTBA, sur les hauteurs de Booué. La zone de stockage finale est suffisamment grande pour permettre la réception de sable pendant plusieurs années.

L'ensemble de la végétation existante en périphérie de la zone des travaux doit être conservé de manière à retenir au maximum les sédiments lors des pluies. Le défrichage au niveau des berges doit être effectué au strict minimum afin de maintenir le plus possible la végétation rivulaire qui constitue un premier rempart aux écoulements de surface. Afin de s'assurer que cette végétation rivulaire soit maintenue, nous recommandons de la délimiter à l'aide de rubalises.

Les zones aménagées doivent être planes afin de limiter les processus d'écoulement et limiter la quantité de sédiments qui sera drainée par les eaux de ruissèlement, ou par le fleuve en cas de grande crue.

7.3.2.3 MESURE REDUC3 : Entretien des routes en terre existantes (pistes non revêtues)

Un entretien régulier des pistes utilisées devrait être mis en place avant et après l'extraction de sable. L'entretien devrait être réalisé dans l'idéal à l'aide de latérite compactée. En dehors des périodes d'exploitation, les pistes d'accès devraient être fermées à la circulation de véhicules et leur accès réglementé.

La recolonisation végétale naturelle des routes doit être favorisée lorsque qu'elles ne sont plus empruntées. Les herbacées et autres plantes pionnières permettent de fixer le sol et limiter le départ des sédiments. En fin d'exploitation, une fois que les routes d'accès ne seront plus empruntées, la revégétalisation de celles-ci est conseillée. Elle devrait se faire avec un mélange de plantes indigènes.

7.3.2.4 MESURE RESTOR1 : Revégétalisation de la zone d'exploitation et des voies d'accès une fois l'exploitation terminée

Une fois les activités de prélèvement de sable définitivement achevées pour chaque zone d'exploitation, la revégétalisation des pistes d'accès et des zones d'activités sera à effectuer

pour renforcer le processus de régénération naturelle. L'objectif sera de retrouver la végétation d'origine d'avant l'exploitation. Pour se faire, un diagnostic préalable qui s'appuiera sur un reportage photographique devrait être réalisé pour chaque potentielle future zone d'exploitation.

7.3.3 Conclusion clef

Le niveau de risque pour les espèces ciblées via une dégradation du milieu aquatique au niveau physique à travers une augmentation de la turbidité de l'eau est estimée à faible, et la mise en place des mesures d'atténuation devrait conduire à un impact résiduel non-singulier.

7.4 Modification de la disponibilité locale en habitats

7.4.1 Impacts potentiels pour la raie *Fontitrygon ukpam*

Les activités d'extraction de sable pourraient théoriquement impacter la disponibilité locale en habitat pour la Raie pastenague. Cependant, si l'on compare les besoins annuels de la SETRAG en sable (10 000 m³ environ) aux estimations de volume de sable qui ont été effectuées lors de la caractérisation des bancs de sable (3,5 millions de m³ de sable sous l'eau dans le périmètre des permis de la SETRAG en 2016), on se rend compte que cela représente une part infime et ne devrait donc pas impacter significativement la disponibilité en habitat pour la Raie pastenague.

7.4.2 Mesures d'atténuation

7.4.2.1 MESURE REDUC4 : *Maintien de la topographie des bancs de sable*

Cette mesure est importante pour conserver les habitats potentiels de la Raie pastenague. En effet, s'agissant d'une espèce benthique vivant dans le fond de la rivière au contact du sable, les bancs de sable constituent un habitat privilégié pour cette espèce. Il est donc important de maintenir leur existence et leur morphologie. Pour cela, le maintien sur chaque banc exploité d'une quantité suffisante de sable pour garantir un banc de sable immergé après exploitation est nécessaire.

Conformément à ce qui est décrit dans l'EIES de 2019, l'exploitation des bancs de sable devra se faire par couches régulières sur toute la surface depuis l'extérieur vers l'intérieur et de l'aval vers l'amont. De plus, il sera important de maintenir la forme générale du banc de sable. Pour cela, un remodelage du banc à la fin de chaque période d'exploitation est préconisé.

Un suivi topographique avant et après chaque période sera nécessaire pour s'assurer que le banc de sable n'a pas subi de modification majeure de sa structure. Ce suivi pourra être fait par le Responsable Environnement.

7.5 Accompagnement général et gouvernance environnementale du chantier

La gouvernance environnementale du chantier conditionne l'intégralité des mesures de réduction d'impact qui se trouvent dans ce rapport et dans le PGES de l'EIES.

Le maître d'œuvre a identifié un Responsable Environnement. Il a pour charge de vérifier de manière globale l'application des mesures identifiées.

Ses objectifs sont donc :

- De contribuer à limiter au maximum les effets du chantier sur les milieux naturels en assurant un suivi adapté lors des différentes étapes du projet (phase de préparation, phase d'exploitation et phase de fermeture) ;
- De vérifier la mise en place et le respect des mesures d'évitement et de réduction préconisées dans ce rapport ;
- De faire contrôler l'effectivité des mesures avant, pendant et après le chantier.

7.6 Conclusions sur les impacts potentiels et les mesures d'atténuation

Le tableau ci-dessous résume les différents impacts potentiels et les mesures mises en place pour les atténuer :

Tableau 14 : Récapitulatif des impacts potentiels et mesures d'atténuation associées

Impact potentiel	Espèce ou groupe d'espèces impacté	Code de la mesure	Nom de la mesure	Impact résiduel significatif	Calendrier de mise en œuvre des mesures	Rôle et responsabilités
Dégradation ou destruction des stations de Podostemaceae par les engins de chantier	<i>Podostemaceae</i>	MESURE EVIT1	Eviter l'exploitation des bancs de sable qui sont à proximité des zones à <i>Podostemaceae</i>	Non	Avant l'exploitation	Contrôle de cette mesure par le Responsable Biodiversité SETRAG
		MESURE EVIT2	Délimitation de zones de travaux et établissement d'une zone tampon par rapport aux stations de <i>Podostemaceae</i> les plus proches	Non	Avant l'exploitation	Réalisation par le Responsable Travaux et contrôle par le Responsable Biodiversité SETRAG
		MESURE EVIT3	Repérage des stations de <i>Podostemaceae</i> les plus proches en cas d'exploitation de nouveau banc	Non	Avant l'exploitation	Réalisation par le Responsable Biodiversité SETRAG, avec l'aide potentielle de spécialistes (MBG)
Versement accidentel de produits dangereux	<i>Podostemaceae</i> et <i>Fontitrygon ukpam</i>	MESURE REDUC1	Réduire le risque de déversement de matières polluantes sur le chantier	Non	Pendant l'exploitation	Réalisation par le Responsable Travaux et contrôle par le Responsable Biodiversité SETRAG
Largage de sédiments dû à l'exploitation et augmentation de la turbidité	<i>Podostemaceae</i> et <i>Fontitrygon ukpam</i>	MESURE REDUC2	Encadrement lors des travaux de terrassement et réduction des impacts sur le sol	Non	Pendant l'exploitation	Réalisation par le Responsable Travaux et contrôle par le Responsable Biodiversité SETRAG

Impact potentiel	Espèce ou groupe d'espèces impacté	Code de la mesure	Nom de la mesure	Impact résiduel significatif	Calendrier de mise en œuvre des mesures	Rôle et responsabilités
		MESURE REDUC3	Entretien des routes en terre existantes (pistes non revêtues)	Non	Avant, pendant et après l'exploitation	Réalisation par le Responsable Travaux et contrôle par le Responsable Biodiversité SETRAG
		MESURE REDUC4	Maintien de la topographie des bancs de sable	Non	Après exploitation	Réalisation par le Responsable Travaux et contrôle par le Responsable Biodiversité SETRAG
		MESURE RESTOR1	Revégétalisation de la zone d'exploitation et des voies d'accès une fois l'exploitation finie	Non	Après exploitation	Réalisation par le Responsable Biodiversité SETRAG

La correcte application des mesures présentées ci-dessus conduirait à des impacts résiduels non-significatifs pour les *Podostemaceae* et pour la Raie. Lorsque les projets n'ont pas d'impacts résiduels significatifs, les GN de la NP6 établissent que des gains nets peuvent être obtenus en soutenant des activités pour conserver les habitats en question, sans besoin d'Offsets quantitatifs. Dans ces cas, des preuves qualitatives et l'opinion d'experts peuvent être suffisantes pour valider un gain net. Les rejets et pollutions provenant de la ville de Booué, ainsi que l'extraction de sable par les communautés riveraines pourraient cependant représenter également un impact sur les podostémacées et les raies, s'ajoutant ainsi aux impacts du projet d'extraction de sable de la SETRAG. Il y a donc une possibilité d'impacts cumulatifs pour le projet.

Cf. GN90 : [...] *In instances where a biodiversity offset is not part of the client's mitigation strategy (i.e., there are no significant residual impacts), net gains may be obtained by supporting additional opportunities to conserve the critical habitat values in question. In these cases, qualitative evidence and expert opinion may be sufficient to validate a net gain.*

Il faudra cependant établir un Plan d'Action Biodiversité (PAB) pour les espèces déclenchant l'habitat critique. Les actions nécessaires pour obtenir un gain net seront incluses dans la mise à jour du PAB du projet en 2022.

Le PAB inclura également un suivi robuste via un *Biodiversity Monitoring and Evaluation Plan* (BMEP). Il intégrera ainsi le suivi de la mise en œuvre des mesures d'évitement et réduction préalablement définies, le suivi des bancs de sable (localisation et morphologie) et surtout des

bancs de sable exploités, le suivi sur site des populations de *Podostemaceae*, et le suivi de la présence ou absence de la raie en amont des rapides de Booué-Ouest.

8 Recommandations pour l'atteinte d'un Gain Net de biodiversité

Ce rapport présente l'état initial pour les *Podostemaceae* et pour la raie *Fontitrygon ukpam*, ainsi que des mesures d'atténuation pour limiter les impacts potentiels du projet sur les espèces cibles. Cependant, il ne constitue pas un Plan d'Action Biodiversité et ne propose que des principes d'action pour l'atteinte du Gain Net.

8.2 Recommandations pour l'atteinte du Gain Net pour les *Podostemaceae*

8.2.1.1 Piste d'action POD1 : amélioration des connaissances sur la distribution des espèces de *Podostemaceae* ciblées

Pour avoir un meilleur niveau de connaissances sur les espèces de *Podostemaceae* à enjeu, l'exploration des rapides de Booué-Ouest et notamment Booué-Est (très mal connu jusqu'ici) devrait continuer. Des explorations en amont de Booué, jusqu'aux chutes Touné sur l'Ivindo, seraient très utiles pour l'amélioration des connaissances. Ce site, très peu exploré, arbore une population des espèces menacées *Macropodiella hallaei*, *Ledermanniella pusilla*, et surtout *Inversodicraea sp. 1*, et d'autres espèces s'y trouvent très probablement.

Les grandes zones de rapides en aval de Booué (entre la Lopé et Alembe), de taille comparable au site de Booué-Ouest, abritent très probablement les mêmes espèces, mais sont très largement inexplorées. L'exploration de ces sites, dont certains sont déjà connus pour abriter des stations de *Inversodicraea thollonii*, est fortement recommandée, et pourrait très probablement amener à la découverte de sous-populations additionnelles des espèces menacées du site de Booué.

8.2.1.2 Piste d'action POD2 : Contribution à la mise en protection de sites importants à *Podostemaceae* en appuyant des projets portés par des ONG ou des organismes gouvernementaux de conservation comme l'ANPN

Plusieurs zones de rapides similaires à ceux de Booué sont susceptibles d'abriter les mêmes espèces dans l'Ogooué, en particulier en aval de Booué. Des actions de conservation et mise en protection menées par différents organismes dans la zone de Booué ainsi que sur ces autres zones de rapides de l'Ogooué, allant jusqu'au Parc National de la Lopé, pourraient être appuyées par la SETRAG afin d'assurer que les populations de *Podostemaceae* qui s'y trouvent soient préservées d'impacts éventuels liés à de possibles travaux sur la route ou à d'autres projets potentiels. Pour rappel, le site de Booué est l'un des deux sites les plus riches d'Afrique en *Podostemaceae*.

Le site des chutes Touné, situé à seulement 30 km à l'est de Booué, n'est actuellement pas protégé, et pourrait être menacé si des projets de barrage ou autres s'y concrétisaient. Il représente donc une zone intéressante à protéger.

8.2.1.3 Piste d'action POD3 : Enrichissement de la collection de référence

La collecte de matériel supplémentaire pourrait permettre de continuer à enrichir la collection de référence qui a été mise en place à Libreville grâce à la mission de 2021. Nous recommandons donc de continuer à collecter du matériel de référence. Ce matériel crucial a largement contribué à mettre à jour la taxonomie et les connaissances sur les *Podostemaceae* du Gabon depuis 2017, et ainsi de mieux comprendre la distribution, et donc les menaces qui pèsent sur les espèces. La constitution d'une collection de référence est un élément essentiel à la formation des botanistes gabonais à la reconnaissance des *Podostemaceae* sur le terrain. La collection de référence enrichie permettrait donc d'accroître l'efficacité des campagnes de terrain.

La collecte de graines pour l'herbier national et une banque de graines internationale pourrait être également envisagée comme mesure de conservation. Cependant, aucune étude sur la capacité de germination des *Podostemaceae* n'a encore été menée en Afrique. Ainsi, avant d'évaluer l'impact positif d'une banque de graines au Gabon, il nous semble important d'avoir plus de connaissances sur le sujet.

8.3 Recommandations pour l'atteinte du Gain Net pour la raie Fontitrygon ukpam

8.3.1.1 Piste d'action RAIE1 : Amélioration des connaissances sur la distribution de la raie pastenague

La présence de la raie Fontitrygon ukpam a été confirmée en aval des rapides de Booué-Ouest suite à la capture d'un individu. Cependant, les résultats des analyses ADN ne sont pas assez robustes pour garantir la présence en amont de ces rapides. Des études complémentaires pourraient donc être réalisées en amont des rapides de Booué-Ouest pour obtenir des informations plus robustes sur la distribution de l'espèce, ainsi que sur l'identification de la nouvelle espèce cryptique (*Dasyatis* sp.) découverte grâce aux analyses ADN. Il est très important de publier les résultats et de les communiquer auprès des différentes parties prenantes et acteurs pour que l'information soit diffusée.

8.3.1.2 Piste d'action RAIE2 : Sensibiliser les pêcheurs au statut de menace de l'espèce

La principale menace qui pèse localement sur cette espèce dans l'Ogooué est la pêche. En effet, cette espèce est très prisée par les pêcheurs en aval des rapides de Booué-Ouest. Des campagnes de sensibilisation auprès des pêcheurs pourraient être menées dans la zone, pour leur expliquer les menaces encourues par la raie et limiter les pressions sur cette espèce.

8.3.1.3 Piste d'action RAIE3 : Initiative pilote à l'échelle de Booué pour trouver avec les pêcheurs des alternatives à la pêche de la raie

Une activité pouvant conduire à la réduction de la pêche de raies en aval de Booué est la mise en place avec les populations locales de systèmes de pisciculture. Cela permettrait de réduire la pression de la pêche sur l'ensemble des poissons de l'Ogooué, et notamment sur les raies.

Des ateliers pourraient être organisés avec les populations locales pour évaluer leurs attentes et identifier des espèces de poissons adaptées, qui soient valorisées par les habitants et qui ne représentent pas un risque d'introduction d'espèces invasives.

9 Bibliographie

- AFB, 2019. Bonnes pratiques environnementales – Protection des milieux aquatiques en phase chantier.
- Ameka, G.K., 2003. The Morphology, Taxonomy and Distribution of the *Podostemaceae* in West Africa. *West African Journal of Applied Ecology* 4, 49–66.
- Bidault E., Boupoya A., & Stévert T., 2018. Étude complémentaire de l'état initial du milieu naturel des projets d'aménagements hydroélectriques de Ngoulmendjim et Dibwangui. Rapport final. 128 p.
- Bidault, E., Boupoya, A., Paradis, A.-H. & Stévert, T., 2020. Projet d'extraction de sable SETRAG – Booué, Etude complémentaire des *Podostemaceae*. Rapport final. Missouri Botanical Garden, Saint-Louis (U.S.A.), Libreville (Gabon) & Bruxelles (Belgique). 43 pp + Annexe.
- Camhi, M., Fowler, S.L., Musick, J.A., Bräutigam, A. and Fordham, S.V., 1998. Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. iv + 39 pp.
- Carpenter, K.E. and De Angelis, N. (eds). 2016. The living marine resources of the Eastern Central Atlantic. Volume 2. Bivalves, gastropods, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes, pp. 665–1509. FAO, Rome
- Cheek, M., 2003. A New Species of *Ledermanniella* (*Podostemaceae*) from Western Cameroon. *Kew Bulletin* 58, 733. <https://doi.org/10.2307/4111153>
- Cheek, M., Ameka, G., 2008. *Ledermanniella pollardiana* sp. nov. (*Podostemaceae*) from western Cameroon. *Nordic Journal of Botany* 26, 214–217. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2008.00162.x>
- Cheek, M., Haba, P., 2016. *Inversodicraea* Engl. resurrected and *I. pepehabai* sp. nov. (*Podostemaceae*), a submontane forest species from the Republic of Guinea. *Kew Bulletin* 71. <https://doi.org/10.1007/s12225-016-9673-2>
- Cheek, M., Feika, A., Lebbie, A., Goyder, D., Tchiengue, B., Sene, O., Tchouto, P., van der Burgt, X., 2017. A synoptic revision of *Inversodicraea* (*Podostemaceae*). *Blumea - Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*. <https://doi.org/10.3767/blumea.2017.62.02.07>
- Cheek, M., 2020. A synoptic revision of *Pohliella* (*Podostemaceae*) with notes on *Aulea*, *Cipoia* and *Saxicolella* (preprint). *Plant Biology*. <https://doi.org/10.1101/2020.05.23.111922>
- Cusset, C., 1978. Contribution à l'étude des *Podostemaceae* : 5. Le genre *Macropodiella* Engl. *Adansonia*, série 2 17, 293–303.
- Cutler, J.S., Andres Olivos, J., Sidlauskas, B. and Arismendi, I. 2020. Habitat loss due to dam development may affect the distribution of marine-associated fishes in Gabon, Africa. *Ecosphere* 11(2): e03024.

- Clark, B. M., Bennett, B. A., & Lamberth, S. J., 1996. Factors affecting spatial variability in seine net catches of fish in the surf zone of False Bay, South Africa. *Marine Ecology Progress Series*, 131, 17–34. <https://doi.org/10.3354/MEPS131017>
- Cusset, C., 1974. Contribution à l'étude des *Podostemaceae* IV. Les genres *Ledermanniella*, *Monandriella* et *Inversodicraeia*. *Adansonia*, série 2 14, 271–275.
- Cusset, C., 1983. Contribution à l'étude des *Podostemaceae* : 7. *Ledermanniella* Engl. sous-genre *Phyllosoma* C. Cusset. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 4e série, Section B, *Adansonia* 5, 361–390.
- Cusset, C., 1984. Contribution à l'étude des *Podostemaceae* : 8. *Ledermanniella* Engl. sous-genre *Ledermanniella*. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 4e série, Section B, *Adansonia* 6, 249–278.
- Géoguide, 2019. Etude d'impact environnemental et social - Projet d'exploitation de sable du fleuve Ogooué, dans la commune de Booué, province de l'Ogooué-Ivindo.
- Ghogue, J.-P., Huber, K.A., Rutishauser, R., 2013. *Djinga cheekii* sp. nov. (*Podostemaceae*) from Cameroon. *Nordic Journal of Botany* 31, 458–463. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2012.00081.x>
- Ghogue, J.-P., 2018. *Podostemaceae*. *Flore du Gabon* 51: 17-46. Margraf Publishers.
- Jabado, R.W., Chartrain, E., De Bruyne, G., Derrick, D., Diop, M., Doherty, P., Keith Diagne, L., Leurs, G.H.L., Metcalfe, K., Sayer, C., Seidu, I., Tamo, A., VanderWright, W.J. & Williams, A.B. 2021. Fontitrygon ukpam. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39414A104174049. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T39414A104174049.en>. Accessed on 16 December 2021.
- Kita, Y., Kato, M., 2004. Phylogenetic relationships between disjunctly occurring groups of *Tristicha trifaria* (*Podostemaceae*): Phylogeny of *Tristicha trifaria*. *Journal of Biogeography* 31, 1605–1612. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01047.x>
- Kita, Y., Koi, S., Rutishauser, R., Kato, M., 2008. A New Species of *Ledermanniella* (*Podostemaceae*) from Cameroon. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 59, 223–227.
- Koi, S., Kita, Y., Hirayama, Y., Rutishauser, R., Huber, K.A., Kato, M., 2012. Molecular phylogenetic analysis of *Podostemaceae*: implications for taxonomy of major groups. *Botanical Journal of the Linnean Society* 169, 461–492. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01258.x>
- Last, P.R., Naylor, G.J.P. and Manjaji-Matsumoto, B.M. 2016. A revised classification of the family Dasyatidae (Chondrichthyes: Myliobatiformes) based on new morphological and molecular insights. *Zootaxa* 4139(3): 345-368. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4139.3.2>.
- Last, P., White, W., de Carvalho, M., Séret, B., Stehmann, M. and Naylor, G. 2016b. Rays of the World. CSIRO Publishing, Clayton.
- Moline, P., Thiv, M., Ameka, G.K., Ghogue, J.-P., Pfeifer, E., Rutishauser, R., 2007. Comparative morphology and molecular systematics of African *Podostemaceae-Podostemoideae*, with emphasis on *Dicraeanthus* and *Ledermanniella* from Cameroon. *International Journal of Plant Sciences* 168, 159–180.

- Pfeifer, E., Grob, V., Thiv, M., Rutishauser, R., 2009. *Stonesia ghoguei*, Peculiar Morphology of a New Cameroonien Species (*Podostemaceae*, *Podostemoideae*). *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature* 19, 102–116. <https://doi.org/10.3417/2007080>
- Pollerspöck, J., 2011. Bibliography database of living/fossil sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) -Species descriptions -, www.shark-references.com, World Wide Web electronic publication, Version 10/2011; ISSN: 2195-6499
- Rial, A., 2002. Une nouvelle espèce de *Macropodiella* (*Podostemaceae*) de Guinée Équatoriale. *Adansonia* ser. 3. 24, 295–297.
- Schenk, J.J., Thomas, D.W., 2004. A New Species of *Ledermanniella* (*Podostemaceae*) from Cameroon. *Novon* 14, 227–232.
- Schenk, J.J., Herschlag, R., Thomas, D.W., 2015. Describing a New Species into a Polyphyletic Genus: Taxonomic Novelty in *Ledermanniella* s.l. (*Podostemaceae*) from Cameroon. *Systematic Botany* 40, 539–552. <https://doi.org/10.1600/036364415X688330>
- Simier, M., Ecoutin, J.-M., & de Morais, L. T. The PPEAO experimental fishing dataset: Fish from West African estuaries, lagoons and reservoirs. *Biodiversity Data Journal*, 7. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.E31374>
- Smith, J.A. 1863. Notice of the Ukpam, a large species (probably new) of sting ray (*Trygon*, Cuv.), found in the Old Calabar River, Africa. *Proceedings of the Royal Physical Society of Edinburgh* 3: 64–69.
- Taniuchi, T. 1991. Occurrence of 2 species of stingrays of the genus *Dasyatis* (Chondrichthyes) in the Sanaga Basin, Cameroun. *Environmental Biology of Fishes* 31(1): 95–100.
- Thiv, M., Ghogue, J.-P., Grob, V., Huber, K., Pfeifer, E., Rutishauser, R., 2009. How to get off the mismatch at the generic rank in African *Podostemaceae*? *Plant Systematics and Evolution* 283, 57–77. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0214-4>
- Van Steenis, C.G.G.J. (1949). *Podostemaceae*. *Flora Malesiana* 1 (4): 65-68.
- Walker, P., Cavanagh, R.D., Ducrocq, M. and Fowler, S.L. 2005. Regional Overview. Northeast Atlantic (Including Mediterranean and Black Sea). In: S.L. Fowler, R.D. Cavanagh, M. Camhi, G.H. Burgess, G.M. Cailliet, S.V. Fordham, C.A. Simpfendorfer and J.A. Musick (eds), *Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes*, pp. 71-94. IUCN SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Annexes : Statuts de conservation des espèces de *Podostemaceae* mis à jour

Annexe 1 : Statut de conservation de *Inversodicraea annithomae*

Statut de conservation. Cette espèce était évaluée comme EN B2ab(iii) selon la Liste Rouge en 2007. Les nouvelles données disponibles nous permettent de proposer une évaluation préliminaire affinée par rapport à celle de 2007.

EN B2ab(i,ii,iii,iv,v). Cette espèce endémique du Gabon est connue de 28 spécimens, collectés entre 1966 et 2021, et représentent 25 occurrences uniques, dont une se situe dans l'Okano, 10 se situent dans les rapides de l'Ogooué à Booué, une se situe dans l'Ogooué à Poubara, et 13 se situent dans la Louétsi à cinq sites différents (Figure 29). Nous estimons que ces occurrences ne sont pas extirpées, étant donné leurs dates récentes de collecte sur tous les sites. Ces 26 occurrences représentent 4 sous-populations. Aucune de ces occurrences n'est située dans une aire protégée. Basé sur une maille de 2 km x 2 km, l'AOO estimée est de 36 km², ce qui tombe sous la limite de la Catégorie « En Danger Critique » selon le Critère B2. L'EOO est calculée à 36 306 km², ce qui tombe au-delà de la limite de la Catégorie « Vulnérable » selon le Critère B1. Sept occurrences se situent sur le site de construction du projet de barrage de Dibwangui, et sont menacées par ce projet, dont nous estimons qu'il provoquera leur disparition. Une occurrence est située en amont du réservoir prévu du barrage de Dibwangui, sur la chute Ndoubi, qui sera submergée par le réservoir dans la version actuelle du projet. Les 8 occurrences de Dibwangui et de Ndoubi représentent donc une seule *location*. Cinq occurrences sont situées en aval du barrage de Dibwangui sur deux sites différents, et sont indirectement menacées par les perturbations induites par la construction du barrage (dégradation de la qualité de l'eau), ainsi que par le nivellement possible des variations naturelles saisonnières du niveau de l'eau, induit par le barrage. Ces 5 occurrences représentent une seule *location*. L'occurrence de Poubara est menacée par la construction récente du barrage de Grand Poubara, dont nous estimons qu'il fera disparaître la sous-population. L'occurrence de l'Okano ne présente pas de menaces visibles. Les 26 occurrences représentent 5 *locations* au regard de la menace principale, les barrages hydro-électriques. Étant donné la disparition future des occurrences de Poubara et Dibwangui, nous prévoyons un déclin futur de l'EOO de cette espèce, ainsi que de son AOO, du nombre de sous-populations, et du nombre d'individus matures. En outre, nous constatons un déclin présent et prévoyons un déclin futur de la qualité et de l'étendue de son habitat. Cette espèce est donc évaluée comme En Danger, EN B2ab(i,ii,iii,iv,v) selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge de l'UICN.

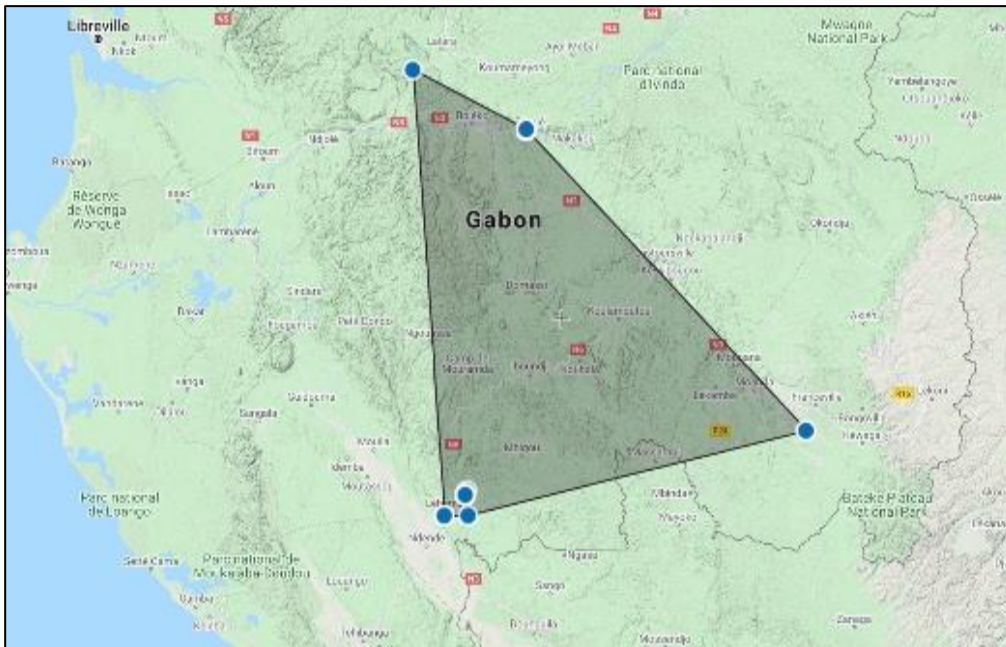


Figure 29. Distribution des 26 occurrences de *Inversodicraea annithomae*. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.

Annexe 2 : Statut de conservation de *Inversodicraea* sp. 1

Statut de conservation. Cette espèce non décrite n'a pas été évaluée sur le site de la Liste Rouge de l'UICN.

EN B2ab(iii). Cette espèce endémique du Gabon est connue de 3 spécimens, collectés en 2019 et 2020, et représentent 2 occurrences uniques, dont une se situe dans l'Ivindo sur les chutes Touné, proche de la confluence avec l'Ogooué, et 1 se situe dans les rapides de l'Ogooué à Booué. Nous estimons que ces occurrences ne sont pas extirpées, étant donné leurs dates récentes de collecte. Ces 2 occurrences représentent 1 ou 2 sous-populations. Aucune de ces occurrences n'est située dans une aire protégée. Basé sur une maille de 2 km x 2 km, l'AOO estimée est de 8 km², ce qui tombe sous la limite de la Catégorie « En Danger Critique » selon le Critère B2. L'EEO n'est pas calculable, étant donné que cette espèce n'est connue que de deux occurrences uniques. L'occurrence de l'Ivindo n'est actuellement pas menacée. Néanmoins, l'abandon d'un projet de barrage hydro-électrique sur les chutes de Kongou sur l'Ivindo au profit d'un développement possible d'un barrage sur les chutes Touné, pourrait représenter une menace future. Les 2 occurrences représentent 2 *locations*. Nous constatons un déclin présent et prévoyons un déclin futur de la qualité et de l'étendue de son habitat. Cette espèce est donc évaluée comme En Danger, EN B2ab(iii) selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge de l'UICN.



Figure 30. Distribution des 2 occurrences de *Inversodicraea* sp. 1. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN.

Note. Ce statut de conservation est préliminaire, et se base sur l'hypothèse conservatrice que ce taxon est différent de *Ledermanniella nicolasii*. Ce statut pourrait évoluer en fonction de l'avancée des connaissances taxonomiques.

Annexe 3 : Statut de conservation de *Inversodicraea thollonii*

Statut de conservation. Cette espèce n'a pas été évaluée sur le site de la Liste Rouge de l'UICN.

VU B1ab(iii,v)+2ab(iii,v). Cette espèce endémique du Gabon est connue de 41 récoltes, effectuées entre 1887 et 2021. Le premier matériel a été collecté par Thollon en 1887, dans les rapides de l'Ogooué à la Lopé. Elle a ensuite été collectée par N. Hallé et A. Le Thomas en 1966 à Booué, sur les rapides à l'Ouest de la ville. Trois récoltes ont été faites sur la rivière Langke (ou Lenké), à l'Ouest de Booué, proche de la confluence de l'Ogooué, par Kato et al. en 2007. *Inversodicraea thollonii* a ensuite été collectée à nouveau entre 2018 et 2021, par A. Boupoya et I. Nguimbit à 36 reprises, toutes dans l'Ogooué ou ses affluents, proche de leur confluence. Dans l'Ogooué, deux récoltes ont été faites à Boumango, à la frontière avec le Congo, et 25 ont été faites autour de Booué. Une récolte récente faite à Poubara a été rattachée à cette espèce avec réserves. Trois récoltes ont été faites dans la rivière Offooué et deux dans la rivière Lopé. Une récolte a été faite dans la rivière Okano, près de sa confluence avec l'Ogooué vers Alembé, une récolte récente a été fait dans la rivière Lenké, et une récolte dans la rivière Bissoubilam sur la route menant à Booué. Compte tenu des dates récentes de collectes, et le fait que les sous-populations anciennes de Booué et de la Lopé aient été échantillonnées récemment, nous considérons qu'aucune de ces occurrences n'a disparu.

Basé sur une maille de 2 x 2 km, l'AOO est estimée à 56 km², ce qui tombe sous la limite de la catégorie « En Danger » selon le Critère B2. L'EOO est calculé à 19 691 km², ce qui tombe sous

la limite pour la catégorie Vulnérable, selon le critère B1. Les 41 récoltes représentent 31 occurrences et entre 4 et 8 sous-populations. Trois occurrences sont incluses dans une aire protégée, le Parc National de la Lopé. Les sous-populations d'*Inversodicraea thollonii* situées dans l'Ogooué en aval du barrage hydroélectrique de Poubara sont menacées par cette infrastructure, dont nous estimons qu'elle provoque un déclin de la qualité de l'habitat de cette espèce sur une partie importante du cours du fleuve en aval, à cause des modifications du régime hydrique engendrées par cette infrastructure. La sous-population de Booué est en partie menacée par un projet d'extraction de sable situé à environ 1 km en aval. De plus, une partie de cette sous-population est menacée par la construction récente d'un pont routier sur l'Ogooué, situé en aval. Enfin, cette sous-population est également menacée par les rejets et pollutions issues de la ville de Booué. Nous estimons que ces trois menaces ont provoqué, provoquent actuellement et provoqueront dans le futur un déclin de la qualité de l'habitat d'*Inversodicraea thollonii*, et une diminution du nombre d'individus, à minima. Une partie de la sous-population à Booué est située en amont de ces menaces, sur les rapides à l'Est de la ville, et n'apparaît pas concernée par les trois menaces sus-citées. La sous-population de la rivière Okano n'est actuellement pas menacée, mais pourrait le devenir en cas de travaux importants sur la route nationale, dont le pont se situe à proximité directe de la sous-population. Les autres sous-populations ne présentent pas d'indices de menaces directes.

Basé sur la menace la plus importante (les projets hydro-électriques), les 31 occurrences représentent 9 *locations* (sensu UICN). Basé sur l'impact du barrage de Poubara, ainsi que l'impact de la construction du pont de Booué, de la ville proche et du projet futur d'extraction de sable, nous estimons un déclin passé, présent et futur de la qualité de l'habitat de cette espèce et du nombre d'individus matures. *Inversodicraea thollonii* est donc évaluée comme VU B1ab(iii,v)+2ab(iii,v) selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge de l'UICN.



Figure 31. Distribution des 31 occurrences de *Inversodicraea thollonii*. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représente l'EOO.

Annexe 4 : Statut de conservation de *Ledermanniella aloides*

Statut de conservation. Cette espèce a été évaluée en 2010 sur le site de la Liste Rouge de l'UICN comme Vulnérable, VU D2. Néanmoins, cette évaluation n'est plus à jour. Nous en proposons donc une nouvelle.

Préoccupation Mineure (LC). Cette espèce est connue de 59 spécimens, représentant 39 occurrences. Un spécimen de Sierra Leone (Richards 7321) n'a pas été considéré car ses coordonnées sont imprécises. D'autres spécimens de la même région sont néanmoins pris en compte. Deux occurrences sont incluses dans le Parc National de la Lopé, au Gabon. Les occurrences ont été collectées entre 1909 et 2021, et ne sont pas considérées comme disparues : 33 ont été collectées entre 2007 et 2019. Les sites des autres occurrences ne présentent pas de signes qui pourraient amener à penser qu'elles auraient disparu. Basé sur une maille de 2 km par 2 km, l'AOO estimée est de 88 km², ce qui tombe sous la limite de la Catégorie « En Danger » selon le Critère B2. L'EOO est calculée à 4 070 538 km², ce qui tombe au-delà de la limite de la Catégorie « Vulnérable » selon le Critère B1. L'espèce est menacée par les barrages hydro-électriques (en projet, en construction ou récemment construits) à Dibwangui, Ngoulmendjim, Poubara, au Gabon, ainsi qu'à Yiben, en Sierra Leone. Nous estimons que tous ces projets feront disparaître au moins une occurrence chacun, et impacteront indirectement au moins une autre occurrence chacun. *Ledermanniella aloides* est en outre menacée par l'extraction artisanale de diamants au Liberia. Les 40 occurrences considérées pour cette évaluation représentent 21 *locations* au regard de la menace la plus importante, les barrages hydro-électriques. Cette espèce est donc évaluée comme Préoccupation Mineure (LC) selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge de l'UICN. Néanmoins, du fait de la construction des 5 barrages mentionnés, 5 *locations* pourraient être perdues. Cette espèce pourrait alors être réévaluée comme Quasi Menacée (NT).

Note. Cette espèce est ici considérée dans sa forme variable, qui est l'hypothèse taxonomique actuelle de travail (voir notes taxonomiques, plus haut). Au fur et à mesure des développements de la taxonomie des *Podostemaceae* au Gabon, ce concept pourrait évoluer, ce qui pourrait amener à changer l'évaluation proposée ci-dessus.

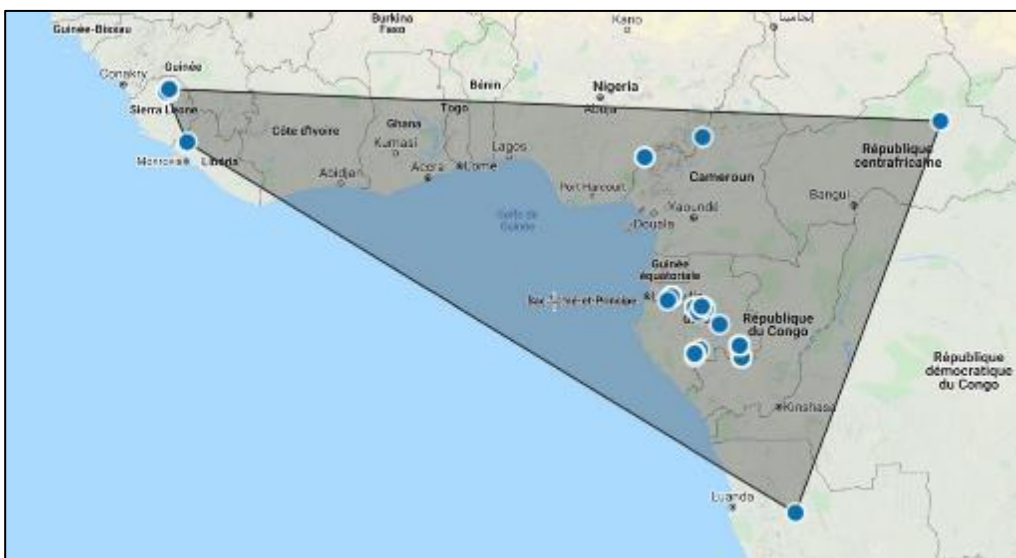


Figure 32. Localisation des 40 occurrences de *Ledermanniella aloides* utilisées pour l'évaluation. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.

Annexe 5 : Statut de conservation de *Ledermanniella nicolasii*

Statut de conservation. Cette espèce n'a pas été évaluée sur le site de la Liste Rouge de l'UICN.

EN B1ab(iii,v)+2ab(iii,v). Cette espèce endémique du Gabon est connue de 4 récoltes, effectuées entre 1966 et 2018. La première récolte a été faite par N. Hallé et A. Le Thomas en 1966 à Booué, sur les rapides à l'Ouest de la ville. *Ledermanniella nicolasii* n'a ensuite été collectée à nouveau qu'en 2018 à trois reprises par N. Texier dans les chutes de Kongou sur l'Ivindo, ces 3 récoltes représentant 2 occurrences. Compte tenu des dates récentes de collectes, nous considérons que les occurrences de l'Ivindo n'ont pas disparu. Des inventaires récents à Booué n'ont a priori pas permis de collecter cette espèce à nouveau sur ce site, mais des doutes subsistent. De plus, ce site de grande taille n'a pas été inventorié dans sa totalité, nous choisissons donc de ne pas considérer la sous-population comme disparue. Basé sur une maille de 2 x 2 km, l'AOO de *Ledermanniella nicolasii* est estimée à 8 km², ce qui tombe sous la limite de la catégorie « En Danger Critique » selon le Critère B2 de la Liste Rouge. L'EEO est calculé à 10 km², ce qui tombe sous la limite pour la catégorie « En Danger Critique » selon le Critère B1. Les 4 récoltes représentent 3 occurrences, et 2 sous-populations. Deux occurrences sont incluses dans une aire protégée, le Parc National de l'Ivindo. La sous-population de Booué est menacée par les rejets et pollutions issues de la ville de Booué. La sous-population des chutes de Kongou n'est actuellement pas menacée, mais le site a longtemps été considéré comme un lieu potentiel d'installation d'un projet hydro-électrique, qui semble abandonné pour le moment. Néanmoins, si ce projet venait à être réactualisé, cette sous-population deviendrait menacée. Basé sur la menace la plus importante (le projet d'extraction de sable), les 3 occurrences représentent 2 *locations* (sensu UICN). Nous estimons un déclin passé, présent et futur de la qualité de l'habitat de cette espèce et du nombre d'individus matures. *Ledermanniella nicolasii* est donc évaluée comme En Danger : EN B1(ab(iii,v)+2ab(iii,v)).



Figure 33. Localisation des 3 occurrences de *Ledermanniella nicolasii* utilisées pour l'évaluation. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.

Note. Les échantillons pour l'instant nommés *Inversodicraea* sp. 1 pourraient, dans le futur, être rattachés à *Ledermanniella nicolasii*, suite aux études taxonomiques à venir. Dans ce cas, l'évaluation du statut de menace devra être refaite, mais l'espèce restera très probablement En Danger.

Annexe 6 : Statut de conservation de *Ledermanniella pusilla*

Statut de conservation. Cette espèce a été officiellement évaluée selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge comme EN B2ab(iii) en 2007. Néanmoins, la découverte de spécimens récents nous permet de proposer une mise à jour de cette évaluation.

Préoccupation mineure (LC). Cette espèce est connue de 123 échantillons collectés entre 1896 et 2021, qui représentent 101 occurrences uniques et entre 16 et 20 sous-populations. Un total de 19 occurrences se situent dans le Parc National des Monts de Cristal, au Gabon. Nous considérons ces 101 occurrences comme étant toujours présentes, étant donné la date de récolte récente pour 97 d'entre elles, et l'absence de menace importante sur les sites de collectes des 3 occurrences anciennes. Basé sur une maille de 2 km x 2 km, l'AOO de cette espèce est estimée à 148 km², ce qui tombe sous la limite de la Catégorie « En Danger » selon le Critère B2. L'EEO est de 148 348 km², ce qui tombe au-delà de la limite de la Catégorie « Vulnérable » selon le Critère B1. Cette espèce est menacée aux chutes de la Lobé par la dégradation de la qualité de l'eau induite par les plantations industrielles de palmiers à huile en amont sur la Lobé dans la région de Kribi, et le piétinement de ce site touristique. Les occurrences du Komo, de la Petite Tsibilé et de la Tsibilé sont indirectement menacées par le projet de barrage de

Ngoulmendjim, car elles se situent en aval du site prévu sur le Komo, ou sur le trajet des eaux de dérivation du futur barrage. Nous estimons que ce projet provoquera a minima un déclin de la qualité de l'habitat de cette espèce. Les occurrences de la Méba sont menacées par le projet de barrage de Kinguélé aval, dont nous estimons qu'il provoquera leur disparition future. Les occurrences de la Louétsi à Dibwangui sont menacées par le projet de barrage de Dibwangui, dont nous estimons qu'il provoquera leur disparition. Les occurrences de la Louétsi situées en aval de ce projet sont indirectement menacées, et nous estimons que le projet provoquera un déclin de la qualité de l'habitat de cette espèce. Les occurrences des chutes de l'Impératrice à Fougamou pourraient devenir menacées par un projet de barrage pour l'instant à l'arrêt. Enfin, elle est menacée par la dégradation de la qualité des eaux du fleuve Congo localement à l'île des Mimosas, étant donné que la sous-population se situe entre les villes de Kinshasa et Brazzaville. Les 101 occurrences représentent donc un minimum de 25 *locations* au regard de la menace principale, les barrages hydro-électriques, ce qui est bien au-delà de la limite pour la Catégorie Vulnérable selon le Critère B. Cette espèce est donc évaluée comme Préoccupation Mineure (LC) selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge de l'UICN.

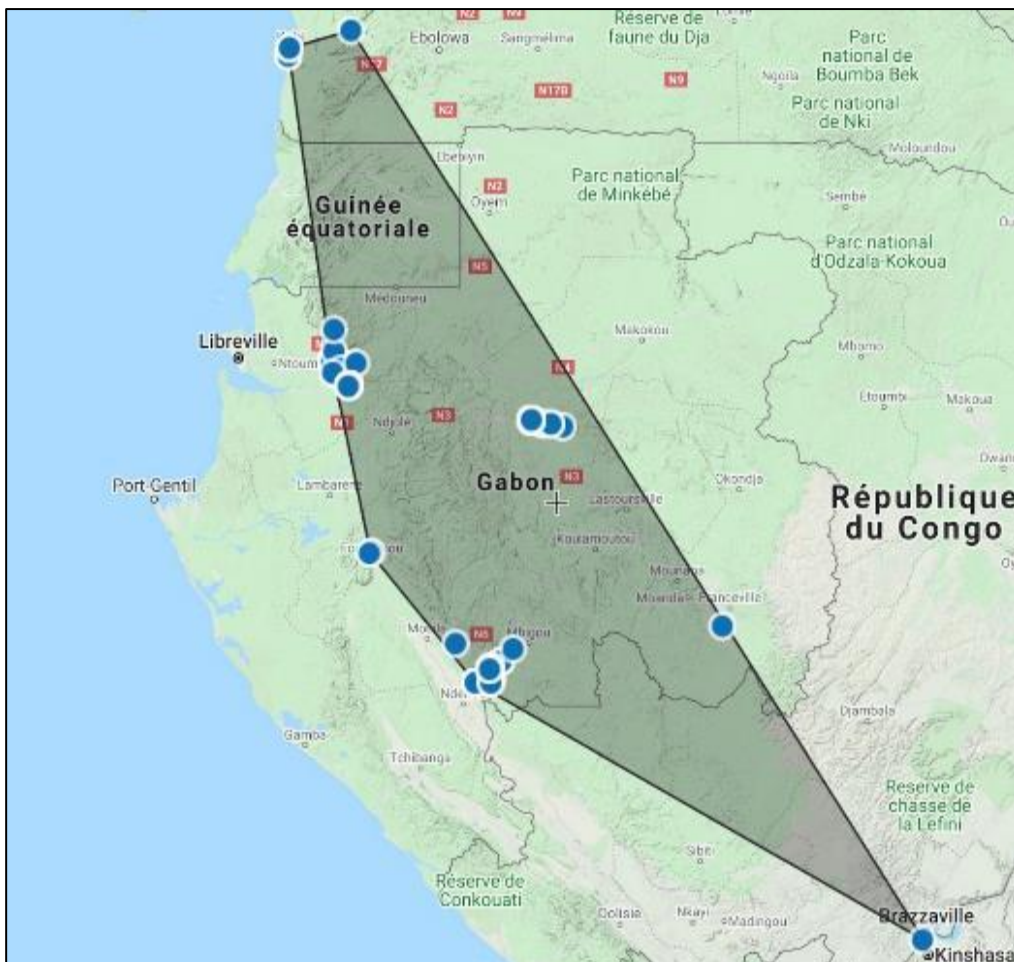


Figure 34. Localisation des 101 occurrences de *Ledermanniella pusilla*. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EOO.

Annexe 7 : Statut de conservation de *Macropodiella hallaei*

Statut de conservation. Cette espèce a été officiellement évaluée selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge comme VU D2 en 2010. Néanmoins, cette évaluation ne se basait que sur l'unique récolte connue à cette date. La découverte de spécimens récents nous permet donc de proposer une mise à jour de cette évaluation.

VU B1ab(iii,v)+2ab(iii,v). Cette espèce *a priori* endémique du Gabon est connue de 24 récoltes, effectuées entre 1887 et 2021. Le premier matériel de *Macropodiella hallaei* a été collecté par Thollon dans les rapides de l'Ogooué à la Lopé. En 1966, N. Hallé et A. Le Thomas ont effectué une récolte à Booué, sur les rapides à l'Ouest de la ville. Un spécimen est présent dans l'herbier de d'Alleizette, *a priori* collecté par Courtet, dans les rapides du Chari ou les rapides du Congo (selon les parts déposées dans les institutions différentes). Les informations de cette récolte sont non seulement impossibles à géolocaliser, mais sont en outre douteuses, car l'herbier d'Alleizette est connu pour contenir des erreurs de localité. Il est donc impossible de confirmer que *Macropodiella hallaei* est présente en-dehors du Gabon, simplement basé sur cette récolte. Cette espèce n'a ensuite été collectée à nouveau qu'entre 2018 et 2021, à quatre reprises par N. Texier dans les chutes de Kongou et au nord de celles-ci sur l'Ivindo, une fois par Nguimbit sur les chutes de Touné sur l'Ivindo, et à quinze reprises par Boupoya sur l'Ogooué, à l'ouest de Booué, là où N. Hallé et A. Le Thomas avaient effectué leur récolte. Enfin, une récolte a été faite par Boupoya à Ribrouchou, dans l'Ogooué, entre Booué et les chutes Touné sur l'Ivindo. Ces 24 récoltes représentent 20 occurrences et entre 3 et 6 sous-populations. Compte tenu des dates récentes de collectes, et de l'absence de menaces constatées sur les rapides de l'Ogooué à la Lopé, nous considérons qu'aucune de ces occurrences n'a disparu. Basé sur une maille de 2 x 2 km, l'AOO de *Macropodiella hallaei* est estimée à 28 km², ce qui tombe sous la limite de la catégorie « En Danger » selon le Critère B2 de la Liste Rouge. L'EOO est calculé à 2 429 km², ce qui tombe également sous la limite pour la Catégorie « En Danger » selon le critère B1. Trois occurrences sont incluses dans une aire protégée, le Parc National de l'Ivindo (chutes de Kongou et en amont de celles-ci) et le Parc National de la Lopé. Les occurrences des chutes de Kongou et en amont ne sont actuellement pas menacées, mais le site a longtemps été considéré comme un site potentiel d'installation d'un projet hydro-électrique, qui semble abandonné pour le moment. Néanmoins, si ce projet venait à être réactualisé, cette occurrence deviendrait menacée. L'occurrence des chutes Touné pourrait être menacée dans le futur par le choix d'établir un projet hydro-électrique sur ce site plutôt que sur les chutes de Kongou. L'occurrence de la Lopé ne présente pas d'indices de menaces directes apparentes. La sous-population de *Macropodiella hallaei* à Booué est menacée par les rejets et pollutions issues de la ville de Booué. Nous estimons que cette menace a provoqué, provoque actuellement et provoquera dans le futur un déclin de la qualité de l'habitat de *Macropodiella hallaei*, et une diminution du nombre d'individus, à minima. Les 20 occurrences représentent 6 *locations* (sensu UICN). *Macropodiella hallaei* est donc évaluée comme Vulnérable : VU B1ab(iii,v)+2ab(iii,v).

représentent 11 occurrences et entre 4 et 9 sous-populations. Compte tenu des dates récentes de collectes, et le fait que les rapides sur lesquels ont été collectées les anciennes occurrences n'ont pas disparus, nous considérons qu'aucune occurrence n'a disparu. Basé sur une maille de 2 x 2 km, l'AOO de *Macropodiella heteromorpha* est estimée à 36 km², ce qui tombe sous la limite de la catégorie « En Danger » selon le Critère B2 de la Liste Rouge. L'EOO est calculé à 72 014 km², ce qui tombe au-delà de la limite pour la catégorie « Vulnérable », selon le Critère B1. Deux occurrences sont incluses dans une aire protégée, le Parc National de Campo Ma'an au Cameroun, et le Parc National de la Lopé au Gabon.

Les occurrences de *Macropodiella heteromorpha* situées aux chutes de Mve'ele au Cameroun sont menacées par la construction récente d'un barrage hydroélectrique, qui provoque le déclin de la qualité de son habitat. Toutes les récoltes ont été effectuées avant la construction du barrage, et il est aujourd'hui impossible d'affirmer que l'espèce a survécu sur ce site. Néanmoins, les images satellites montrent que certaines parties des chutes et des rapides n'ont pas été affectées par le barrage. Nous considérons que le barrage provoque à *minima* un déclin présent et futur de la qualité de l'habitat et du nombre d'individus. L'occurrence de *Macropodiella heteromorpha* des rapides du Ntem proche de Campo ne montrent pas d'indices de menaces directes apparentes. Les occurrences de la Nyong sont menacées par l'agriculture, qui provoque un déclin de la qualité de l'habitat de l'espèce. L'occurrence des chutes de Loa-Loa n'est actuellement pas menacée, mais le site est proche de la ville de Makokou, et n'est pas inclus dans le Parc National de l'ivindo. Il pourrait donc dans le futur être sujet à un projet hydroélectrique, cette occurrence deviendrait alors menacée. L'occurrence des chutes Touné pourrait être menacée dans le futur par le choix d'établir un projet hydro-électrique sur ce site plutôt que sur les chutes de Kongou. L'occurrence de la Lopé ne présente pas d'indices de menaces directes apparentes.

L'occurrence de *Macropodiella heteromorpha* à Booué est menacée par les rejets et pollutions issues de la ville de Booué. Nous estimons que ces menaces ont provoqué, provoquent actuellement et provoqueront dans le futur un déclin de la qualité de l'habitat de cette espèce, et une diminution du nombre d'individus, *a minima*. Les occurrences de la rivière Lenké ne présentent pas d'indices de menaces visibles.

Basé sur la menace la plus importante (les barrages hydro-électriques), les 11 occurrences représentent 9 *locations* (sensu UICN). Basé sur l'impact du barrage de Mve'ele, ainsi que l'impact des rejets de la ville de Booué et du projet futur d'extraction de sable, nous estimons un déclin passé, présent et futur de la qualité de l'habitat de cette espèce et du nombre d'individus matures. *Macropodiella heteromorpha* est donc évaluée comme Vulnérable : VU B2ab(iii,v). Néanmoins, si des échantillonnages complémentaires étaient menés aux chutes de Mve'ele et attestaient de la disparition de cette sous-population, cette évaluation devrait être modifiée pour inclure un déclin passé de l'AOO, du nombre de sous-populations et du nombre d'individus matures.

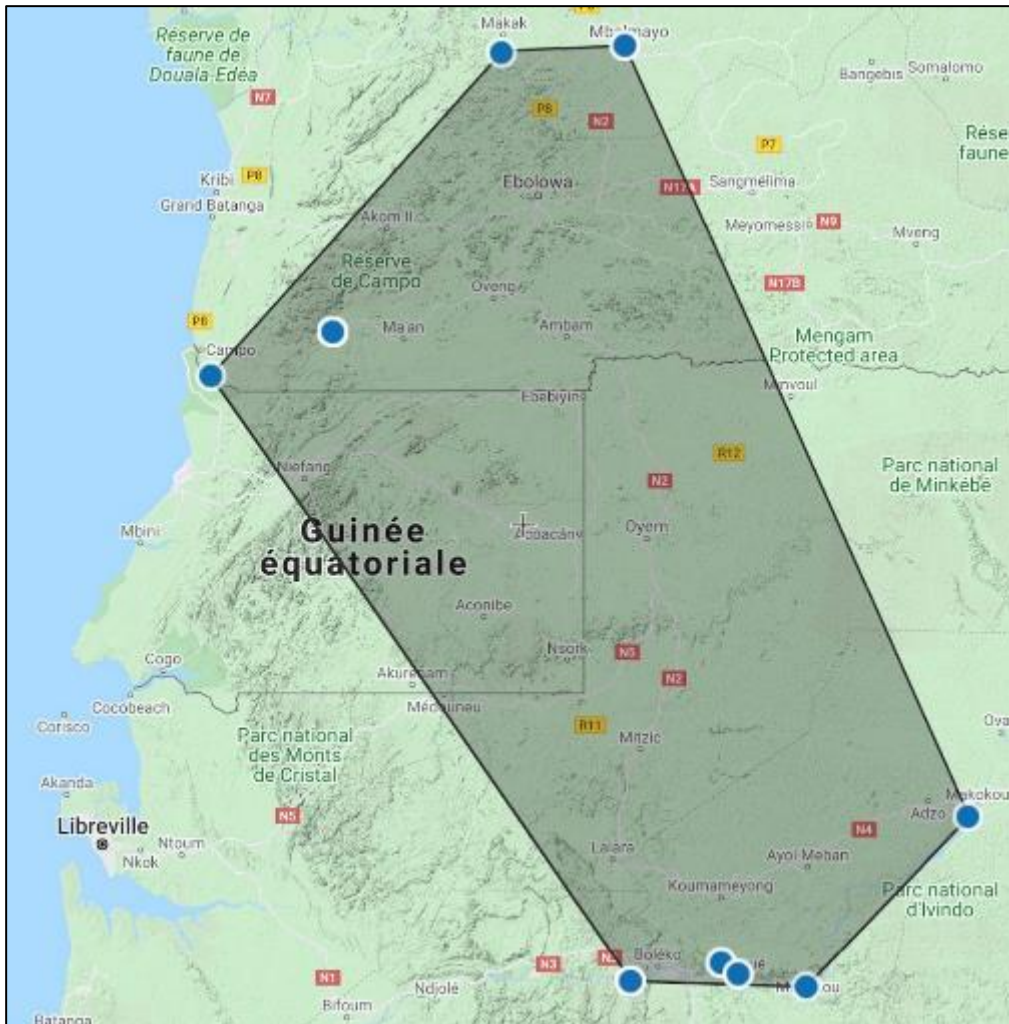


Figure 36. Localisation des 11 occurrences de *Macropodiella heteromorpha*. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.

Annexe 9 : Statut de conservation de *Saxicolella nana*

Statut de conservation. Cette espèce a été officiellement évaluée selon les Catégories et Critères de la Liste Rouge comme VU D2 en 2010. Néanmoins, cette évaluation n'était basée que sur deux récoltes Camerounaises. La découverte de spécimens récents au Gabon nous permet de proposer une mise à jour de cette évaluation.

VU B2ab(iii,v). *Saxicolella nana* est connue de 10 récoltes du Cameroun et du Gabon, effectuées entre 1914 et 2020. La première récolte a été faite par Mildbraed dans les rapides du Nyong près de Mbalmayo au Cameroun. Cette espèce a longtemps été considérée comme endémique de ce seul site, jusqu'à ce que Koi la récolte à nouveau dans le Nyong, à Assock sóo, non loin de la localité type, en 2007. A partir de 2017, des inventaires menés par le MBG au Gabon ont permis de signaler pour la première fois cette espèce dans le pays, et de réaliser 8 récoltes, dont

6 dans l'Ogooué (par Boupoya et Nguimbit) : 2 à Booué (à l'Est et à l'Ouest de la ville), une à Madoukou et une à Boundji, deux localités proches de Lastoursville en aval, une à Lastoursville sur les chutes Sésengué, et une à Boumango à la frontière avec le Congo. Une récolte a été faite sur les chutes de Kongou dans l'Ivindo par Texier, et une autre récolte a été réalisée par Boupoya dans la rivière Okano sur la route entre Alembé et Lalara. Les 10 récoltes représentent 10 occurrences et 6 sous-populations. Compte tenu des dates récentes de collectes, et le fait que la sous-population de la Nyong au Cameroun ait été récemment échantillonnée, nous considérons qu'aucune occurrence n'a disparu.

Basé sur une maille de 2 x 2 km, l'AOO de *Saxicolella nana* est estimée à 40 km², ce qui tombe sous la limite de la catégorie « En Danger » selon le Critère B2 de la Liste Rouge. L'EOO est calculée à 51 346 km², ce qui tombe au-delà de la limite pour la catégorie « Vulnérable », selon le Critère B1. Une occurrence est incluse dans une aire protégée, le Parc National d'Ivindo au Gabon.

Les occurrences de *Saxicolella nana* située sur le Nyong au Cameroun sont menacées par l'agriculture de subsistance, qui provoque un déclin de la qualité de son habitat, notamment par l'utilisation d'intrants et par l'érosion des sols qui nuisent à la qualité de l'eau du fleuve. L'occurrence située sur l'Ogooué entre Boundji et la chute de Sésengué à l'Est de Lastoursville ne présente aucun indice de menace directe apparente, de même que l'occurrence de Boumango, toujours sur l'Ogooué, à la frontière avec le Congo, et l'occurrence de la rivière Okano, sur la route entre Alembé et Lalara. L'occurrence des chutes de Kongou est incluse dans le Parc National de l'Ivindo et ne présente aucune menace apparente. Néanmoins, le site a longtemps été considéré comme favorable pour l'accueil d'un barrage hydro-électrique, avant que ce projet ne soit abandonné. Si ce projet venait à être de nouveau considéré, cette sous-population deviendrait menacée.

La sous-population de *Saxicolella nana* à Booué est menacée par les rejets et pollutions issues de la ville de Booué. Nous estimons que ces menaces ont provoqué, provoquent actuellement et provoqueront dans le futur un déclin de la qualité de l'habitat de cette espèce, et une diminution du nombre d'individus, *a minima*. Une partie de la sous-population à Booué est située en amont de ces menaces, sur les rapides à l'Est de la ville, et n'apparaît pas concernée par les menaces sus-citées.

Basé sur la menace la plus importante (le projet d'extraction de sable à Booué), les 10 occurrences représentent 10 *locations* (sensu UICN). Compte tenu des menaces qui pèsent sur les sous-populations de Booué et de la Nyong, nous estimons un déclin passé, présent et futur de la qualité de l'habitat de cette espèce et du nombre d'individus matures. *Saxicolella nana* est donc évaluée comme Vulnérable : VU B2ab(iii,v).



Figure 37. Localisation des 10 occurrences de *Saxicolella nana*. Carte établie par GeoCAT pour le calcul des paramètres UICN, le polygone représentant l'EEO.

Annexe 10 : Statut de conservation de *Tristicha trifaria*

Tristicha trifaria a été collectée à 44 reprises au Gabon entre 2018 et 2021 par l'équipe du MBG, dans quasiment tous les sites où des *Podostemaceae* ont été collectées. L'intégralité du matériel historique de cette espèce n'a pas été compilée dans le cadre de cette étude pour des raisons de temps, mais en se basant uniquement sur les échantillons récents et gabonais, *Tristicha trifaria* possède une EOO de plus de 60 000 km² et une AOO de 56 km² (qui pourrait néanmoins être réduite compte tenu de son écologie particulière). Elle est connue d'au moins 10 sous-populations au Gabon, qui représentent un minimum de 13 *locations* (sensu UICN). Elle est menacée par divers projets hydroélectriques au Gabon (dont Ngoulmendjim et Dibwangui), ainsi que par l'aménagement de certains ponts routiers. Ailleurs en Afrique, cette espèce est également menacée par les rejets et les conséquences de l'agriculture industrielle et de subsistance. Enfin, elle est également menacée par l'urbanisation et les pollutions issues des villes. Néanmoins, beaucoup de sous-populations ne présentent pas de menaces directes ou indirectes. *Tristicha trifaria* est donc évaluée comme Préoccupation Mineure (LC), en accord avec l'évaluation publiée sur le site de la Liste Rouge en 2010. Une évaluation régionale à l'échelle du Gabon arriverait à la même conclusion.

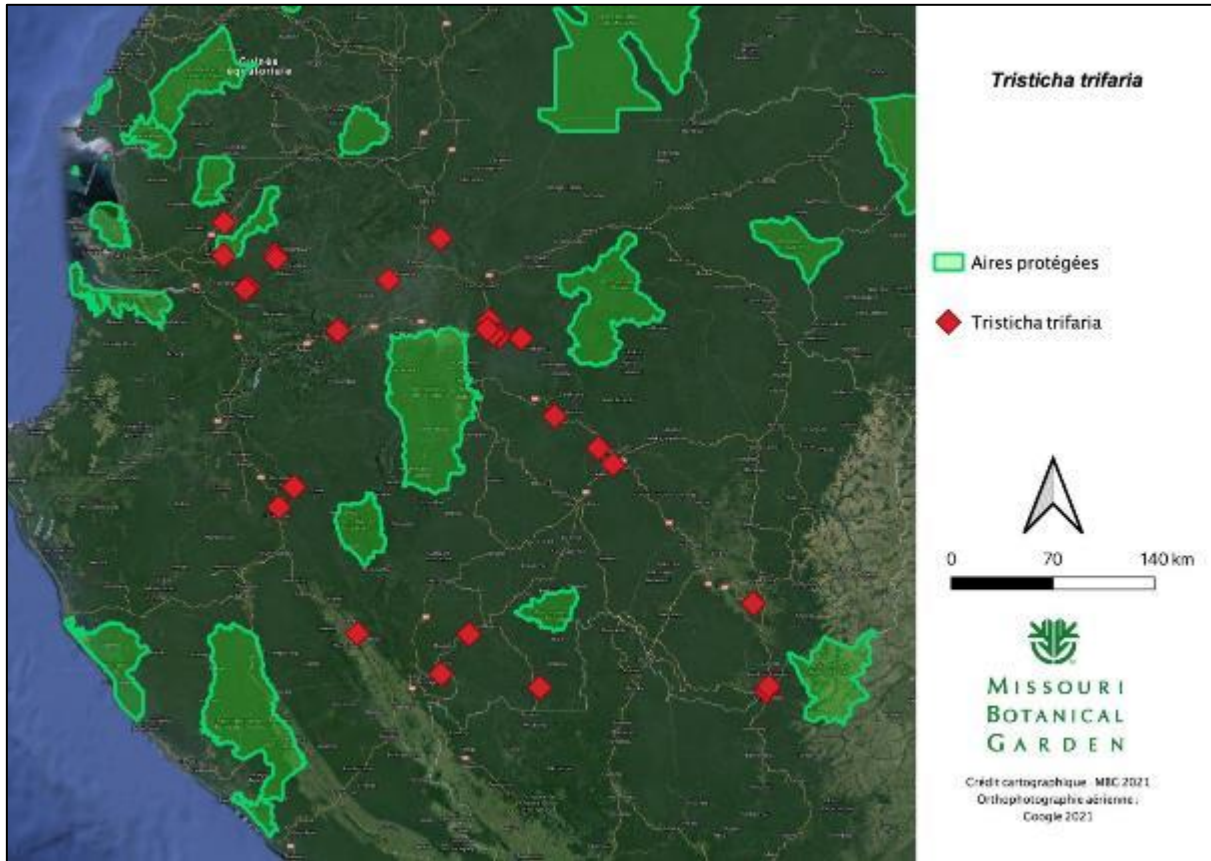


Figure 38. Distribution de *Tristicha trifaria* au Gabon.

Annexe 11 : Informations détaillées sur les espèces de *Podostemaceae*

- ***Inversodicraea annithomae***

Inversodicraea annithomae n'a été trouvée que sur le site de Booué-Ouest. Elle n'a été récoltée qu'au centre du fleuve, et non sur les bords, et semble inféodée aux courants forts. En août, aucun individu sec n'a été observé, et les plantes étaient en boutons ou en pleine floraison, ce qui semble indiquer une position assez basse dans la rivière, et une floraison tardive. Cette espèce semble très peu soumise à l'exondation totale. Elle occupe des surfaces assez importantes, 50% des stations observées couvrant entre 1 et 10 m², 50% couvrant plus de 10 m²). Cette espèce semble assez commune sur le site, où elle a été collectée à 8 reprises en 2021. Elle a été trouvée en mélange avec *Tristicha trifaria*, *Macropodiella hallaei*, *Inversodicraea thollonii* et *Ledermanniella pusilla*.

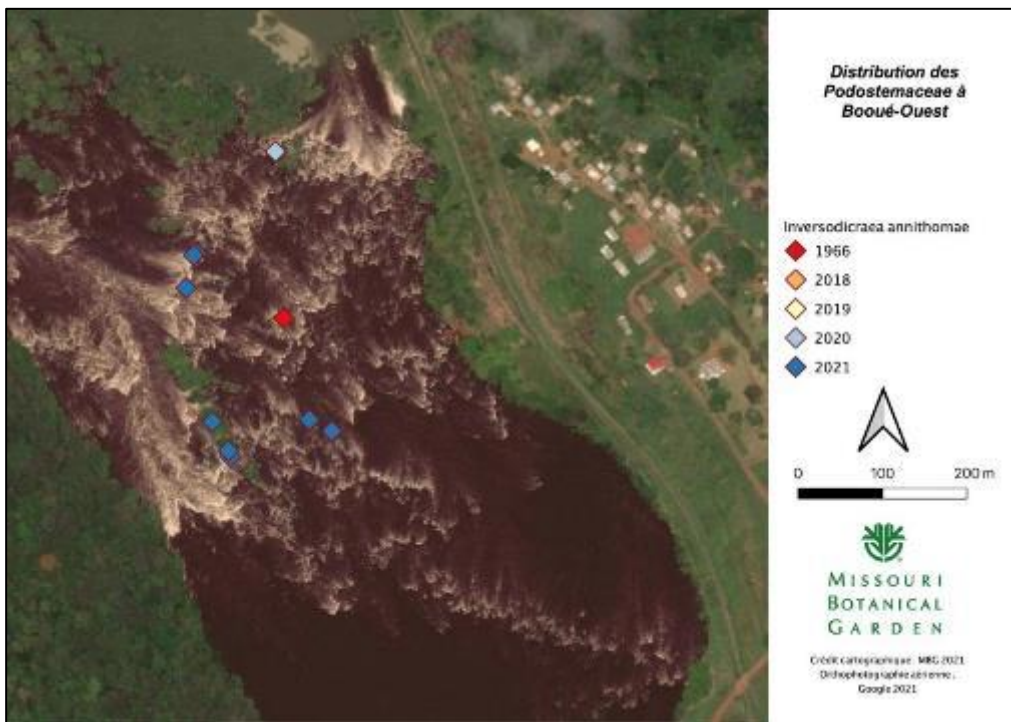


Figure 39 : Distribution de *Inversodicraea annithomae* à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée

- ***Inversodicraea* sp. 1**

Inversodicraea sp. 1 n'a été trouvée que sur le site de Booué-Ouest, où une seule récolte n'est connue. Elle a été collectée au centre du fleuve, en bas de la chute principale, et semble inféodée aux courants très forts. En août, aucun individu sec n'a été observé, et la plante était en boutons et en floraison, ce qui confirme une position basse dans la rivière, jamais totalement exondée, et une floraison tardive. La surface occupée est inconnue, car cette espèce n'a été collectée qu'en 2020. Cette espèce semble rare sur le site, mais la difficulté d'accès au bas de la chute principale pourrait expliquer cela. Néanmoins, elle n'a jamais été collectée dans d'autres micro-

habitats. Elle est donc probablement inféodée au bas de la chute principale, et possède une écologie très restrictive. A Boué, elle n'a pas été trouvée mélangée avec d'autres espèces, mais l'échantillonnage de la station est parcellaire. Aux chutes Touné dans l'Ivindo, elle a été trouvée en mélange avec *Macropodiella hallaei* et *Macropodiella heteromorpha*.

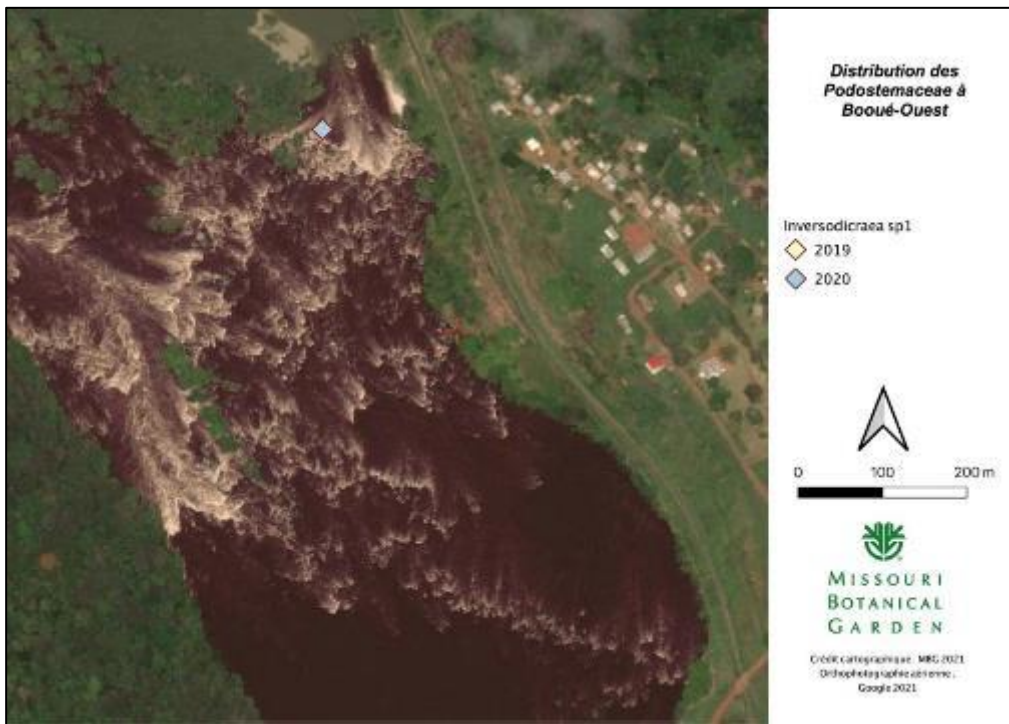


Figure 40 : Distribution de *Inversodicraea sp. 1* à Boué-Ouest. Les récoltes de 2019 ont été faites aux chutes Touné

- *Inversodicraea thollonii*

Inversodicraea thollonii a été trouvée aussi bien à Boué-Ouest qu'à Boué-Est. Sur les deux sites, elle a été trouvée aussi bien au centre qu'au bord du fleuve, dans des courants faibles à très forts. En août, des individus secs ont été collectés, et tous les stades de floraison ont été notés (pré-floraison à fructification). La surface occupée dépasse souvent les 10 m², et l'espèce subit de longues exondations. Ces informations tendent à suggérer que l'espèce est ubiquiste, et possède des préférences écologiques larges. Elle est très abondante sur les deux sites, ayant été collectée à 15 reprises à l'Ouest, et 5 fois à l'Est. Elle a été trouvée en mélange avec *Inversodicraea annithomae* dans les courants forts, avec *Macropodiella hallaei*, *Saxicolella nana*, *Ledermanniella pusilla* et *Tristicha trifaria* dans l'Ouest, et *Ledermanniella aloides* dans la rivière Lenké. Elle n'a pas été trouvée en mélange à Boué-Est.

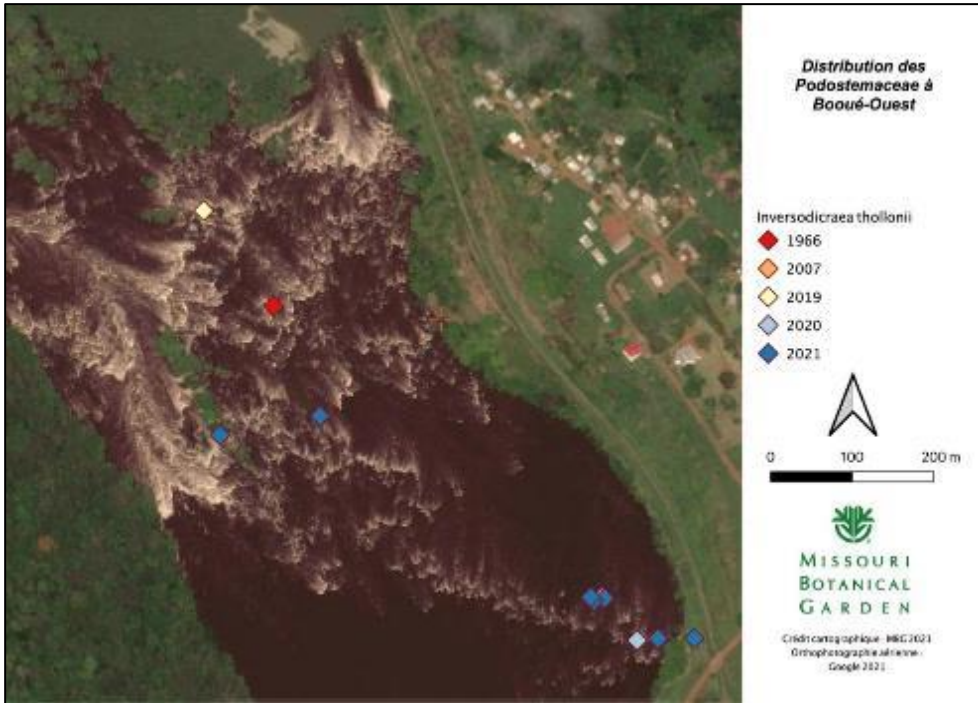


Figure 41 : Distribution de *Inversodicraea thollonii* à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée

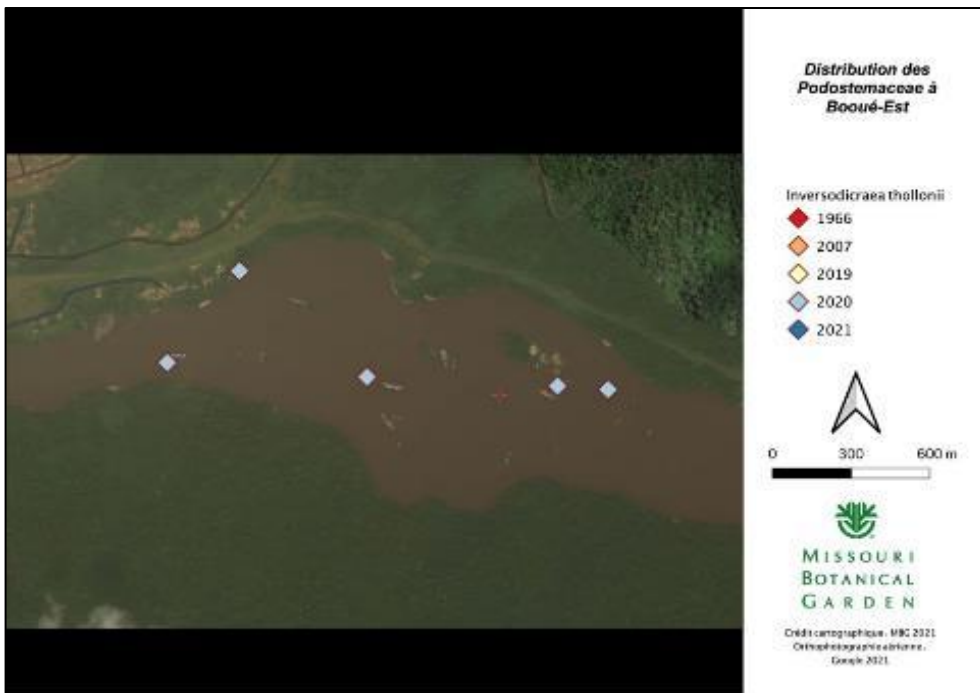


Figure 42 : Distribution de *Inversodicraea thollonii* à Booué-Est

- ***Ledermanniella aloides***

Ledermanniella aloides n'a été trouvée qu'à l'Est et dans la rivière Lenké. Dans l'Ogooué, elle a été trouvée aussi bien au centre qu'au bord du fleuve, dans la rivière Lenké, uniquement au centre. Elle est soumise à des courants faibles à très forts. Des individus secs ont été collectés en août dans l'Ogooué (correspondant à une fin de floraison), mais pas dans la rivière Lenké (correspondant à un pic de floraison). Cette espèce subit des exondations, probablement décalées entre l'Ogooué et la Lenké. Dans les deux cours d'eau, de faibles surfaces sont couvertes par cette espèce, qui semble rare, car elle n'a été collectée qu'à deux reprises dans la rivière Lenké, et une fois seulement à Booué-Est. Elle a été trouvée en mélange avec *Macropodiella heteromorpha* dans la rivière Lenké, et avec *Ledermanniella pusilla* dans l'Ogooué.

- ***Ledermanniella nicolasii***

Ledermanniella nicolasii n'est connue que de Booué-Ouest, dans sa conception taxonomique actuelle. Elle n'a été collectée qu'à une seule reprise, en 1966. Les informations écologiques sont donc déduites de cette récolte. Elle a probablement été collectée au centre du fleuve, car les bords ont été bien explorés par les équipes du MBG et elle n'y a pas été retrouvée. Elle semble abondante (en tous cas en 1966), car la seule récolte connue montre de nombreux individus. Elle est probablement inféodée aux courants forts, de par sa morphologie à tiges allongées, caractéristique des espèces de courants forts. On ne sait pas si cette espèce subit des exondations, ou si elle pousse en mélange.

- ***Ledermanniella pusilla***

Ledermanniella pusilla est connue de Booué-Ouest et de Booué-Est. Elle a été trouvée au bord comme au centre du fleuve, dans des courants majoritairement forts, y compris dans les bas de chutes. Des individus secs ont été collectés en août, prouvant d'une exondation des stations. Les surfaces occupées peuvent être grandes (dépassant régulièrement les 10 m²), et cette espèce est l'une des plus communes sur le site, ayant été collectée à 21 reprises à l'Ouest, et 2 fois à l'Est. Ces informations tendent à suggérer que l'espèce est ubiquiste, et possède des préférences écologiques larges. Elle a été trouvée parfois seule, parfois en mélange au moins une fois avec chacune des autres espèces connues de Booué (sauf *Inversodicraea* sp. 1 et *Ledermanniella nicolasii*).

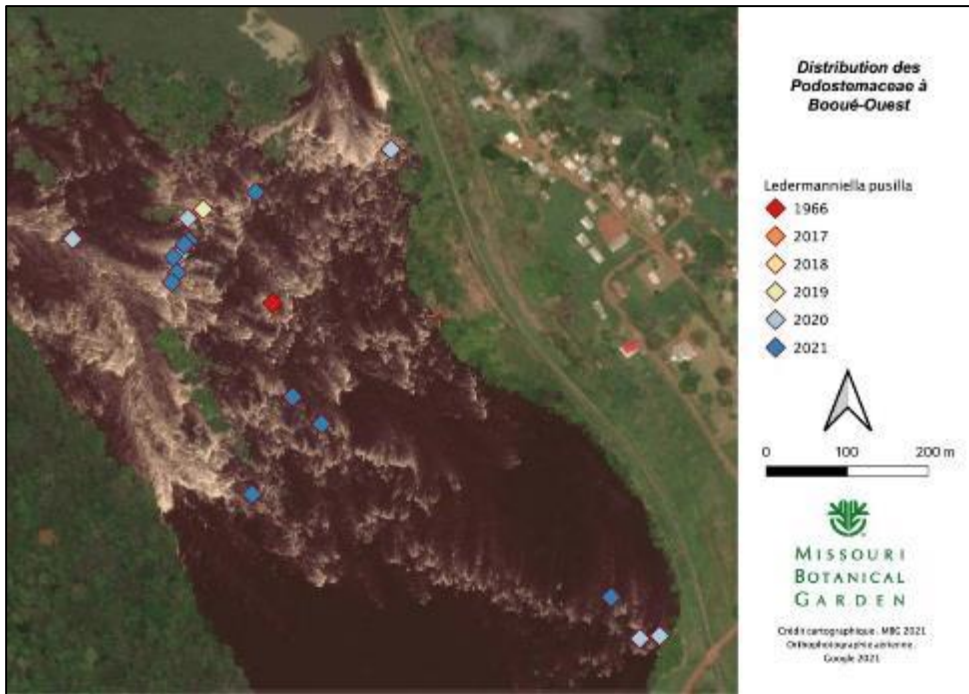


Figure 43 : Distribution de *Ledermanniella pusilla* à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée

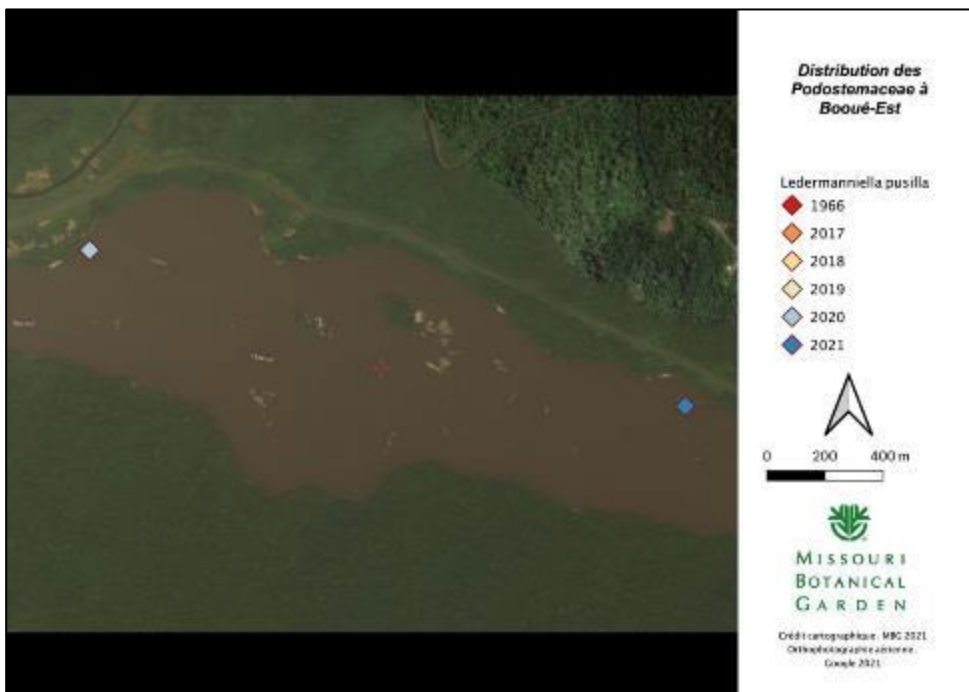


Figure 44 : Distribution de *Ledermanniella pusilla* à Booué-Est

- ***Macropodiella hallaei***

Macropodiella hallaei n'est connue que de Booué-Ouest, où elle a été trouvée majoritairement au centre du fleuve, dans des courants majoritairement forts. Elle couvre de grandes surfaces, supérieures à 10 m², et est relativement commune, puisqu'elle a été collectée à 16 reprises sur ce site. Elle semble subir des exondations, car des individus secs ont été observés. Il s'agit probablement d'une espèce adaptée aux courants forts, de par sa morphologie à longues tiges robustes. Elle a été trouvée en mélange avec *Ledermanniella pusilla*, *Inversodicraea thollonii*, *Tristicha trifaria*, mais pousse aussi seule. Elle n'a pas été trouvée sur le site de Booué-Est, mais a été collectée en 2021 à Ribrouchou, encore plus en amont. Son absence apparente de Booué-Est pourrait être un biais d'échantillonnage.

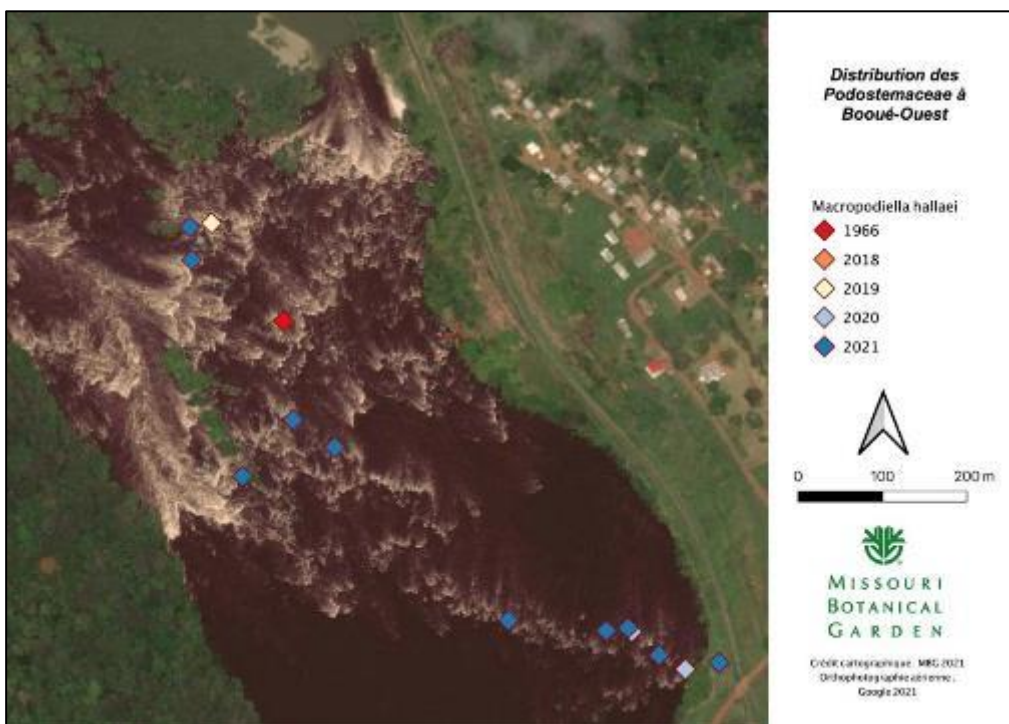


Figure 45 : Distribution de *Macropodiella hallaei* à Booué-Ouest. La récolte de 1966 est probablement mal géoréférencée, car il est impossible de savoir avec précision où elle a été collectée

- ***Macropodiella heteromorpha***

Macropodiella heteromorpha est connue de Booué-Ouest, mais d'une récolte ancienne (1966). Elle n'a pas été trouvée en 2021. Les informations écologiques associées sont donc issues d'observations dans la Lenké, où elle a été trouvée **au centre de la rivière**, dans des **courants forts**, un milieu dont elle semble particulièrement adaptée, comme *Macropodiella hallaei*, par sa morphologie similaire. Elle couvre dans la Lenké une grande surface, et aucun individu sec n'a été observé, elle ne semble donc pas subir d'exondation (mais ceci devrait être confirmé avec plus d'observations). Elle semble rare, car elle n'a été collectée à Booué qu'une seule fois, en 1966, et seule une station a été observée dans la Lenké. Elle a été trouvée en mélange avec *Ledermanniella aloides* et *Inversodicraea thollonii*.

- ***Saxicolella nana***

Saxicolella nana est présente sur les deux sites de Booué-Ouest et Est, mais n'a pas été collectée en 2021. Les informations écologiques sont donc déduites des récoltes de 2020. Elle a été trouvée **au bord du fleuve à l'Ouest et au centre à l'Est**, où elle semble soumise à **un courant faible à moyen**. En août, elle a été collectée en pleine floraison. Étant donné sa **position haute dans la rivière**, elle subit probablement des **exondations** (comme ailleurs au Gabon), mais aucun échantillon sec n'avait été collecté en 2020. Les **surfaces occupées sont inconnues**, mais probablement faibles, car cette espèce n'a été collectée qu'une seule fois sur chacun des deux sites, et n'a pas été revue en 2021. Son absence dans les récoltes de 2021 pourrait s'expliquer par la saison avancée, et une floraison déjà largement passée. Elle a été trouvée seule à Booué Est, mais était proche de *Ledermanniella pusilla* et de *Macropodiella hallaei* à l'Ouest.

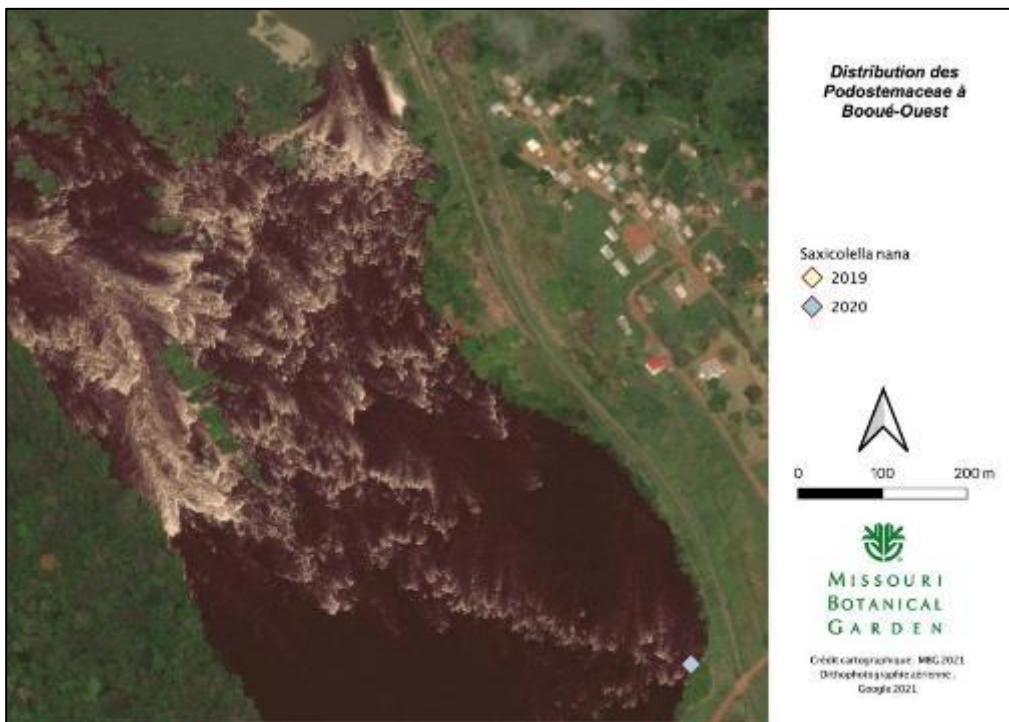


Figure 46 : Distribution de *Saxicolella nana* à Booué-Ouest



Figure 47 : Distribution de *Saxicolella nana* à Booué-Est

- ***Tristicha trifaria***

Tristicha trifaria est l'espèce de *Podostemaceae* la plus commune en Afrique. A Booué, elle est **présente dans quasiment tous les sites visités**. Sur les deux sites principaux, elle est présente **au centre comme au bord** du fleuve, et couvre des **surfaces qui peuvent devenir importantes**. On la trouve aussi bien dans les **courants faibles que forts**. Il s'agit d'une espèce incontestablement ubiquiste, capable de supporter des exondations prolongées comme des périodes d'immersion importantes. Elle est généralement trouvée **en mélange**, avec quasiment toutes les autres espèces du site.

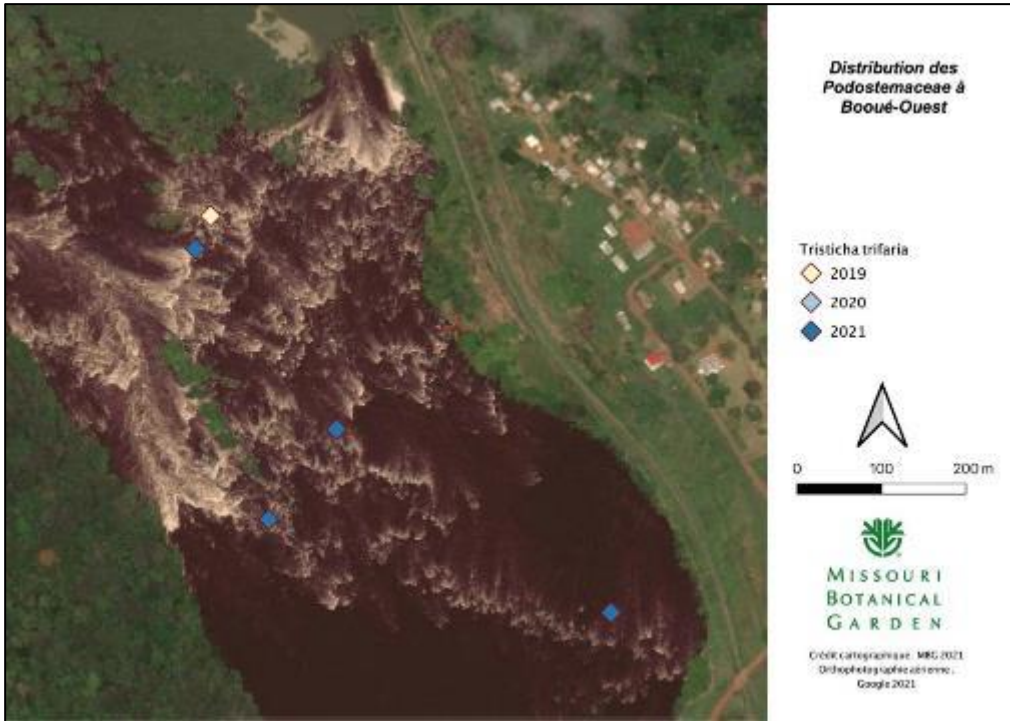


Figure 48 : Distribution de *Tristicha trifaria* à Booué-Ouest

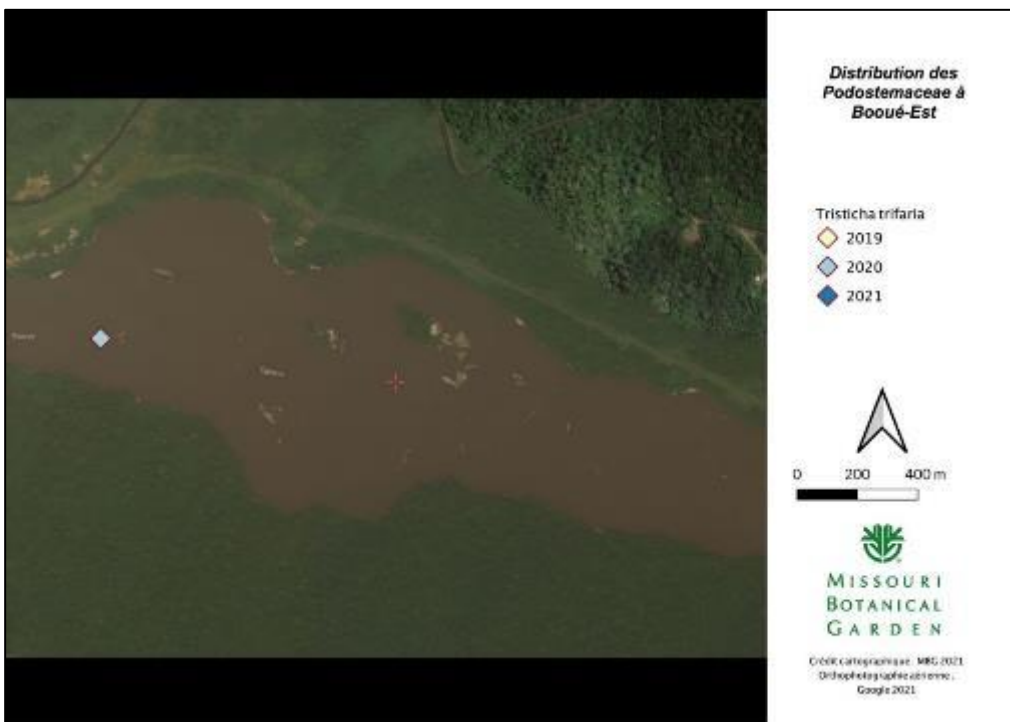
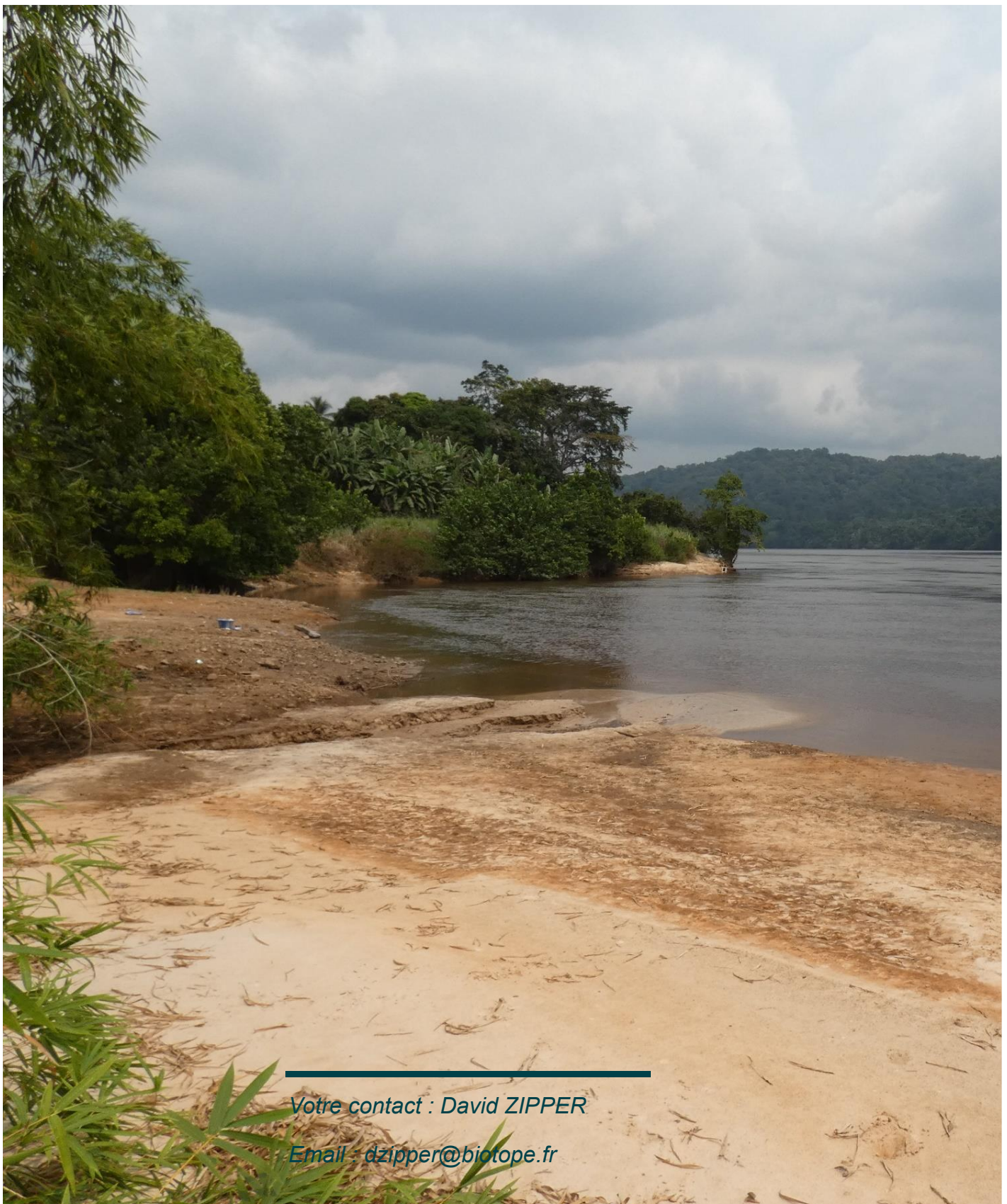


Figure 49 : Distribution de *Tristicha trifaria* à Booué-Est



Votre contact : David ZIPPER

Email : dzipper@biotope.fr



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr